

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2

№2/2023

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ

№2

International bulletin  
of Veterinary Medicine



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ - 2023

[www.spbguvvm.ru](http://www.spbguvvm.ru)



# Международный ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ 2.2023

## Редакционный совет

К.В. Племяшов - гл. ред., чл.-корр. РАН, д.в.н., проф., СПб.

Л.Ю. Карпенко - зам. гл. ред., д.б.н., проф., СПб.

А.И. Ятусевич - зам. гл. ред. д.в.н. проф., академик РАН, Витебск.

## Редакционная коллегия

Н.Л. Андреева - д.б.н., проф., СПб.

Л.М. Белова - д.б.н., проф., СПб.

М.И. Гулюкин - акад. РАН, д.в.н., проф., Москва.

Н.В. Зеленецкий - д.в.н., проф., СПб.

С.П. Ковалев - д.в.н., проф., СПб.

А.А. Кудряшов - д.в.н., проф., СПб.

В.А. Кузьмин - д.в.н., проф., СПб.

М.Н. Макарова - д.мед.н., проф., СПб.

Б.С. Семенов - д.в.н., проф., СПб.

А.М. Смирнов- акад. РАН, д.в.н., проф., Москва.

В.В. Соцнев - член.-корр. РАН, д.в.н., проф., Н. Новгород.

А.А. Стекольников - академик РАН, д.в.н., проф., СПб.

А.А. Сухихин - д.б.н., проф., СПб.

А.Н. Шиков - д.фарм.н., проф., СПб.

Mustafa Atasever- Prof., Dr. Erzurum, Türkiye.

Ю.К. Ковалёнок - д.в.н., проф., Витебск, Республика Беларусь.

Kushvar Galib Mammadova - Dr., Azerbaijan.

Н.Б. Сарсембаева - д.в.н., проф., Алматы, Республика Казахстан.

Iliia Tsachev - DVM, MSc, PhD, DSc Prof., Stara Zagora, Bulgaria.

О.Ю. Беспятых - д.б.н., доцент, Киров.

В.А. Илюха - д.б.н., доцент, Петрозаводск.

И.А. Плотников - д.б.н., профессор, Киров.

С.В. Бекетов - д.б.н., в. н. с., Самара.

В.Н. Воронин - д.б.н., профессор, СПб.

А.Н. Квачко - д.б.н., профессор, Ставрополь.

А.О. Фролов - д.б.н., г.н.с., Санкт-Петербург.

О.И. Станисhevская - д.б.н., профессор, СПб.

А.Е. Болгов - д.с.-х. н., профессор, Петрозаводск.

А.А. Лукин - д.б.н., профессор, СПб.

И.Ш. Шапиев - д.с.-х. н., профессор, СПб.

Н.В. Пристач - д.с.-х. н., профессор, СПб.

В.Б. Галецкий - д.с.-х. н., СПб.

Л.В. Романенко - д.с.-х. н., член РАЕ, СПб

В.И. Максимов - д.б.н., профессор, Москва

Редакционно-технический отдел

С. И. Мельников - к.в.н., СПб.

О.С. Попова - к.в.н., СПб.

В.В. Крюкова - к.в.н., СПб (англ.)

Сдано в набор 14.06.2023

Подписано к печати 28.06.2023

Формат 70×100 1/16.

Бумага гляцевая № 1. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 27,25+0,25 цв. вкл.

Усл. Кр.-отт. 18,2.

Тираж 1001 экз.

## Editorial council

K.V. Plemyashov - member.-corr. RAS, Doctor of Science, prof., St. Petersburg

L.Y. Karpenko - deputy editor, doctor of biology sciences, professor, St. Petersburg.

A.I. Yatusovich - deputy chief editor, doctor of veterinary sciences, professor, academic of RAS, Vitebsk.

## Editorial council

N.L. Andreeva - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg

L. M. Belova - doctor of biology sciences, professor, St. Petersburg

M.I. Gulyukin - academic of RAS, doctor of veterinary sciences, prof., Moscow

N.V. Zelenevskiy - doctor of veterinary medicine, doctor of economics, prof., St. Petersburg.

S. P. Kovalev - doctor of veterinary sciences, prof., St. Petersburg.

A.A. Kudryashov - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg.

V. A. Kuzmin - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg.

M.N. Makarova - doctor of medicine, professor, St. Petersburg.

B.S. Semenov - doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg

A.M. Smirnov - academic of RAS, doctor of veterinary sciences, prof., Moscow

V.V. Sochnev - corr. member of RAS, doctor of vet. sciences, prof., N. Novgorod.

A.A. Stekolnikov - editor in chief, academic of RAS, doctor of veterinary sciences, professor, St. Petersburg

A.A. Sukhinin - doctor of biology sciences., prof, St. Petersburg

A.N. Shikov - doctor of pharmacology sciences, prof., St. Petersburg

Mustafa Atasever - professor., Dr. Erzurum, Turkey

Y.K. Kovalenok - doctor of veterinary sciences, prof., Vitebsk

Kushva Galiba Mammadova - doctor, Azerbaijan

N.B. Sarsembayeva - doctor of vet. sciences, prof., Almaty, Republic of Kazakhstan

Iliia Tsachev - DVM, MSc, PhD, DSc, Prof., Stara Zagora, Bulgaria

O.Yu. Bespyatykh - doctor of biology sciences, associate professor, Kirov

V.A. Ilyuha - doctor of biology sciences, associate professor, Petrozavodsk

I.A. Plotnikov - doctor of biology sciences, professor, Kirov

S.V. Beketov - doctor of biology sciences, Samara

V.N. Voronin - doctor of biology sciences, professor, Saint Petersburg

A.N. Kvochko - doctor of biology sciences, professor, Stavropol

A.O. Frolov - doctor of biology sciences, senior science member, Saint-Petersburg

O.I. Stanishvskaya - doctor of biology sciences, professor, Saint-Petersburg

A.E. Bolgov - doctor of agricultural sciences, professor, Petrozavodsk

A.A. Lukin - doctor of biology sciences, professor, Saint-Petersburg

I.S. Shapiev - doctor of agricultural sciences, professor, St. Petersburg

N.V. Pristach - doctor of agricultural sciences, professor, St. Petersburg

V.B. Galetsky - doctor of agricultural sciences, St. Petersburg.

L.V. Romanenko - doctor of agricultural sciences, member of RAE, St. Petersburg

V.I. Maximov - doctor of biology sciences, professor, Moscow

Editorial and technical Department

S.I. Melnikov - PhD of Vet.Med., St. Petersburg

O.S. Popova - PhD of Vet Med., St. Petersburg

V.V. Kriukova - PhD of Vet Med., St. Petersburg ( English)

Sent to 14.06.2023

Signed for printing 28.06.2023

The format of 100 × 70 1/16 .

Glossy paper number 1. Offset printing.

Conv. Pec. liter. 27,25+0,25 fl. incl.

Conv. Cr. - ott. 18.2 .

Circulation 1001 copies.

На 1 странице обложки: Лабораторный практикум кафедры анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

**НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ**

Номер госрегистрации СМИ ПИ № ФС 77-28268 от 18 мая 2007 г. Подписной индекс в агентстве Роспечать 82393.

Учредитель — Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный ветеринарный университет ветеринарной медицины» (ФГБОУ ВО «СПбГУВМ»)

Журнал основан в январе 2004 года в Санкт-Петербурге и входит в список ведущих рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

MBV входит в базу данных Russian Science Citation Index.

Журнал распространяется по всем регионам России и Республике Беларусь (ВУЗЫ, НИИ, ВЕТЕРИНАРНЫЕ ОТДЕЛЫ).

Журнал выходит не менее 4 раз в год. В нем публикуются работы по всем основным вопросам ветеринарии и смежным дисциплинам.

В этот журнал Вы можете поместить рекламу Вашей фирмы. Объявления и коммерческая реклама публикуются после оплаты. Срок исполнения — в течение 3 месяцев.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных объявлений.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Мнение авторов и редакции по отдельным вопросам может не совпадать.

Плата с аспирантов за публикацию рукописи не взимается.

Справки и технические возможности типографии, в которой печатается журнал, оговариваются по телефону (812) 387-11-58.

Адрес редакции: 196084, СПб, ул. Черниговская дом 5, СПбГУВМ, редакция журнала «Международный вестник ветеринарии» (MBV). тел 8-812 -387-11-58

**RESEARCH AND PRODUCTION  
JOURNAL**

The number of the state registration in mass media PI № FS77-28268 from may 18, 2007. Subscription index in the agency Rospechat 82393.

Founder — Federal state educational institution of higher professional education "Saint-Petersburg state University of veterinary medicine" (FSEI of HPE "SpbGUVM").

The journal was founded in January 2004 in St. Petersburg and is included in the list of leading peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of Sciences should be published.

International Bulletin of Veterinary Medicine is included in the Russian Science Citation Index database.

The journal is distributed in all regions of Russia and the Republic of Belarus (universities, research institutions, veterinary departments).

The magazine is published at least 4 times a year. It publishes papers on all major issues of veterinary medicine and related disciplines.

In this magazine, you can place an advertisement for your company. Ads and commercial information are published after payment. The execution period is within 3 months.

The editorial board is not responsible for the content of advertisement.

When reprinting, a link to the journal is required.

The opinion of the authors and the editorial board on certain issues may not coincide.

Postgraduates are not charged for the publication of the manuscript.

Information and technical capabilities of the printing house where the magazine is printed are discussed by phone number (812) 387-11-58.

Editorial office address: 196084, St. Petersburg, Chernigovskaya str. 5, "SPbGUVM", editorial office of the journal "International Bulletin of Veterinary Medicine" (MVV).



## СОДЕРЖАНИЕ

|                                             |                                                                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Инфекционные болезни</b>                 | • Влияние двух вакцин от цирковироза на сохранность и привесы свиней в группах доращивания и откорма. Мусин А.Р., Кудряшов А.А., Балабанова В.И., Иванов Ю.В.                                                             | 12  |
|                                             | • Особенности микробиома рубца у северных оленей при некробактериозе. Лайшев К.А., Ильина Л.А., Южаков А.А.                                                                                                               | 18  |
|                                             | • Влияние фитохимических веществ на сигнальные молекулы системы «Quorum Sensing» у бактерий. Власенко Л.В., Атланделова К.Н., Дускаев Г.К., Шошин Д.Е.                                                                    | 25  |
|                                             | • Метапрофилактика сальмонеллеза в птицеводческих предприятиях: обзор. Лаишевец А.И., Капустин А.В., Смирнов Д.Д., Пименов Н.В., Ленев С.В.                                                                               | 32  |
|                                             | • Разработка и апробация тест-системы для полимеразной цепной реакции с целью выявления альфа-токсина <i>Clostridium Perfringens</i> . Мусеева К. А.                                                                      | 48  |
|                                             | • Чувствительность <i>Salmonella Infantis</i> к антимикробным препаратам. Горбанёва А.С., Юрин Д.В., Скворцов В.Н., Лаишевец А. И.                                                                                        | 55  |
|                                             | • Распространенность <i>Staphylococcus Aureus</i> в пищевых продуктах на территории Иркутской области в период с 2012 по 2021 года. Сухинин А.А., Батомункуев А.С.                                                        | 62  |
|                                             | • Устойчивость к антимикробным препаратам стафилококков, выделенных из молока при инфекционных маститах коров. Макавчик С.А., Павлова В.С.                                                                                | 70  |
|                                             | • Идентификация генов резистентности в рамках ветеринарного мониторинга. Прасолова О.В., Крылова Е.В., Солтынская И.В., Путинцева А.В., Тимофеева И.А., Кирсанова Н.А., Осипова Ю.А., Иванова О.Е., Куш Л.К.              | 77  |
|                                             | • Морфология внутренних органов и гемолимфы пауков-птицеедов <i>Pterinophilus Murinus</i> RCF (Araneae: Theraphosidae). Мехова О.С., Саломатин М.А.                                                                       | 86  |
| <b>Инвазионные болезни</b>                  | • Особенности микроскопического строения стенки кишечника у самок иксодового клеща рода <i>Dermacentor</i> в период питания. Проскурин Д. А., Дилекова О. В.                                                              | 96  |
|                                             | • Клинические аспекты лечения ран кожи молочной железы у кошек. Алехин Ю. Н., Попова О.С.                                                                                                                                 | 104 |
| <b>Фармакология, токсикология, фармация</b> | • Токсичность кормовой добавки при использовании тест-объекта <i>Tetrahymena Pyriformis</i> . Капитанова Е.А., Власенко Е.В.                                                                                              | 115 |
|                                             | • Влияние галогенсодержащих анестетиков на показатели газового состава крови лошадей. Нечаев А.Ю., Сорока В.А.                                                                                                            | 121 |
|                                             | • Показатели качества комплексного ветеринарного препарата с гепатопротекторным действием и их контроль. Хлебус Н. К.                                                                                                     | 127 |
|                                             | • Морфологическое исследование органов крыс при Т-2 токсикозе на фоне применения комплексного профилактического средства «Цеапитокс». Перфилова К.В., Мишина Н.Н., Губеева Е.Г., Семенов Э.И., Саитов В.Р., Хафизова А.М. | 134 |
|                                             | • Фармакокинетические параметры кофеина у лабораторных животных в контексте оценки функционального состояния печени. Попова О. С., Пономарев В.С., Кострова А.В., Агафонова Л.А.                                          | 142 |

|                                                 |                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Зоогигиена,<br/>санитария,<br/>кормление</b> | • Изучение влияния L-аспарагинатов и фитазы на содержание в микробиоме кишечника цыплят-бройлеров актиномицетов и энтеробактерий. Жилочкина Т. И.                                   | 150 |
|                                                 | • Зависимость пищевой ценности мяса от категории качества. Калюжная Т.В., Орлова Д.А., Карпенко Л.Ю.                                                                                | 156 |
|                                                 | • Анализ полиморфизма гена BMP2 костного морфогенетического белка-2 у северных оленей. Крутикова А.А., Пегливанян Г.К.                                                              | 161 |
|                                                 | • Эколого-ихтиотоксикологическое состояние южной акватории Ладожского озера. Романов А.Ю., Аришаница Н.М.                                                                           | 171 |
|                                                 | • Современное эколого-ихтиотоксикологическое состояние свирской губы Ладожского озера. Романов А.Ю., Аришаница Н.М., Екимова С.Б.                                                   | 179 |
|                                                 | • К вопросу обеспечения продовольственной безопасности в условиях боевого предприятия. Орлова Д.А., Калюжная Т.В., Карпенко Л.Ю., Редько В.А.                                       | 188 |
|                                                 | • Обнаружение ДНК бактерий рода <i>Helicobacter</i> в мясе свиней. Поздеев О.К., Нургалеев Ф.М., Гильманов Х.Х., Маннанова А.Р.                                                     | 194 |
|                                                 | • Клинико-патологические и генетические аспекты паралича гортани у собак. Мукий Ю.В., Костюнина О.В.                                                                                | 206 |
|                                                 | • Микроморфометрические показатели щитовидной железы и антиоксидантный статус у крыс при остром радиационном поражении на фоне применения ДАФС-25 и МОНКЛАВИТ-1. Бревнова С.А.      | 213 |
| <b>Биохимия,<br/>анатомия,<br/>физиология</b>   | • Ход и ветвление экстраорганных вен органов мочеотделения у песца. Щипакин М.В., Былинская Д.С., Мельников С.И.                                                                    | 224 |
|                                                 | • Анатомо-топографическое обоснование мандибулярной анестезии у овец. Иванцов В.А., Слесаренко Н.А.                                                                                 | 230 |
|                                                 | • Сравнительная оценка функционального состояния щитовидной железы и коры надпочечников у кошек разных возрастов. Малыхин А.С., Мерзленко Р.А.                                      | 236 |
|                                                 | • Оценка этиологических причин развития гиперкалиемии у собак. Карпенко Л.Ю., Козицына А.И., Бахта А.А.                                                                             | 242 |
|                                                 | • Гистологические закономерности желудка поросят породы йоркшир в возрастном аспекте. Полянская А.И., Щипакин М.В.                                                                  | 248 |
|                                                 | • Венозное русло области плеча и предплечья плодов коров чернопестрой породы. Мельников С.И., Хватов В.А.                                                                           | 254 |
|                                                 | • Миоэндокардиальные образования камер сердца водяного оленя ( <i>Hydropotes Inermis</i> ) в статистике. Жилин Р.А., Тарасевич В.Н.                                                 | 261 |
|                                                 | • Анатомо-топографические особенности четырёхглавой мышцы бедра у мелкого рогатого скота. Широкова Е.О., Слесаренко Н.А., Оганов Э.О.                                               | 270 |
|                                                 | • Ультрасонографическая визуализация морфологических изменений в ткани сухожилия поверхностного сгибателя пальца у спортивных лошадей при тендинопатии. Жукова М.В., Борхунова Е.Н. | 281 |

|                          |                                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                          | • Особенности морфологии эндокардиальных структур правого желудочка сердца сибирской косули. Тарасевич В.Н.                                                                                                      | 292 |
| Акушерство и гинекология | • Состояние прооксидантно-антиоксидантной системы у коров с разным клиническим состоянием во время беременности. Востроилова Г.А., Паршин П.А., Жуков М.С., Хохлова Н.А., Шабанов Д.И., Корчагина А.А.           | 301 |
|                          | • Воспроизводительная способность коров после вакцинации против сибирской язвы. Лапина М.Н., Ковалева Г.П., Сулыга Н.В., Витол В.А.                                                                              | 312 |
|                          | • Изменения газового состава и кислотно-основного состояния крови при кесаревом сечении у собак при различных способах общей анестезии. Садоведов К.П., Нечаев А.Ю.                                              | 317 |
|                          | • Особенности биохимического профиля крови в предслучной период у козлов-производителей с различным проявлением половых рефлексов в сезон размножения. Лейбова В.Б.                                              | 324 |
|                          | • Эффективность применения биотинилированного производного окисленного декстрана при профилактике субклинического мастита коров. Онищенко И.С., Греку И.В., Коптев В.Ю., Леонова М.А., Шкиль Н.А., Вдовкина А.Е. | 330 |
| Хирургия                 | • Опыт применения ортеза из современных полимерных материалов при реабилитации пони шетлендской породы после резекции головки бедренной кости. Коробчук М. В., Карклин А. И., Балашиова О.В.                     | 336 |
|                          | • Консолидация экспериментальных переломов при интрамедуллярном остеосинтезе у крыс при использовании Коллапана-Л и Тимогена. Исканиев Е.А., Стекольников А.А., Решетняк В.В., Бурдейный В.В.                    | 350 |
|                          | • Взаимосвязь возникновения передних синехий и локализации ожоговой раны роговицы. Пилипец Е.Я., Минина А.О., Бокарев А.В.                                                                                       | 360 |
|                          | • Сравнительная оценка способов кастрации бычков. Михайлова И.И., Леценко Т.Р., Финагеев Е.Ю., Бочарова-Михайлова О.Н., Солохина Э.Д.                                                                            | 366 |
|                          | • Применение лидокаина во время анестезиологического сопровождения, при оперативном лечении заворота большой ободочной кишки у лошадей. Погорелов М.А., Стекольников А.А., Зайцева А.В.                          | 372 |
| Незаразные болезни       | • Исследование влияния плазменной струи на регенерацию коленного хряща кролика. Али Хазаи Кухпар, Алиреза Джахандиде, Пейман Мортазави.                                                                          | 379 |
|                          | • Применение железосодержащих препаратов для профилактики алиментарной анемии у свиноматок и их потомства. Черненко В.В., Симонова Л.Н., Симонов Ю.И., Черненко Ю.Н., Коптева Ю.С.                               | 388 |
|                          | • Аэроаллергены, выявляемые у собак при atopическом дерматите в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Добровольская А.Н., Карпенко Л.Ю.                                                                      | 394 |

- *Лейкоцитарная формула крови и заболеваемость телят на фоне применения Танамин Zn. Лавринова Е.В., Семенютин В.В., Крапивина Е.В.* **399**
- *Этиология желудочно-кишечных и респираторных болезней телят в условиях хозяйств Вологодской области. Макарова В.Н., Бадеева О.Б., Корюкина М.В., Симанова И.Н.* **407**
- *Распространение болезней печени у свиноматок по результатам изучения биохимического состава крови. Петровский С. В.* **415**
- *Динамика электрофизиологических показателей variability сердечного ритма коров. Ипполитова Т.В., Наумов М.М., Степура Е.Е., Наумов Н.М., Кузнецов С.В.* **421**
- *Сравнительная эффективность схем консервативного лечения при алиментарной лимфоме у кошек. Ленкова Н.В., Вольф А.В.* **430**



## CONTENTS

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Infectious diseases</b>                | • <i>The effect of two circovirus vaccines on the safety and weight gain of pigs in the rearing and fattening groups. Musin A.R., Kudryashov A.A., Balabanova V.I., Ivanov Yu.V.</i>                                                   | 12  |
|                                           | • <i>Features of the rumen microbiome in reindeer with necrobacteriosis. Laishev K.A., Ilina L.A., Yuzhakov A.A.</i>                                                                                                                   | 18  |
|                                           | • <i>The effect of phytochemicals on the signaling molecules of the "Quorum Sensing" system in bacteria. Vlasenko L.V., Atlanderova K.N., Duskaev G.K., Shoshin D.E.</i>                                                               | 25  |
|                                           | • <i>Metaprophylaxis of salmonellosis in poultry enterprises: review. Laishevtsev A.I., Kapustin A.V., Smirnov D.D., Pimenov N.V., Lenev S.V.</i>                                                                                      | 32  |
|                                           | • <i>Development and testing of a test system for polymerase chain reaction in order to detect alpha-toxin Clostridium Perfringens. Moiseeva K. A.</i>                                                                                 | 48  |
|                                           | • <i>Sensitivity of Salmonella Infantis to antimicrobial drugs. Gorbaneva A.S., Yurin D.V., Skvortsov V.N., Laishevtsev A. I.</i>                                                                                                      | 55  |
|                                           | • <i>The prevalence of Staphylococcus Aureus in food products in the Irkutsk region in the period from 2012 to 2021. Sukhinin A.A., Batomunkuyev A.S.</i>                                                                              | 62  |
|                                           | • <i>Resistance to antimicrobial drugs of staphylococci isolated from milk in infectious mastitis of cows. Makavchik S.A.</i>                                                                                                          | 70  |
| <b>Invasive diseases</b>                  | • <i>Identification of resistance genes in the framework of veterinary monitoring. Prasolova O.V., Krylova E.V., Soltynskaya I.V., Putintseva A.V., Timofeeva I.A., Kirsanova N.A., Osipova Yu.A., Ivanova O.E., Kish L.K.</i>         | 77  |
|                                           | • <i>Morphology of internal organs and hemolymph of the bird-eating spiders Pterinochilus Murinus RCF (Araneae: Theraphosidae). Mekhova O.S., Salomatin M.A.</i>                                                                       | 86  |
|                                           | • <i>Features of the microscopic structure of the intestinal wall in females of the ixodic tick of the genus Dermacentor during the feeding period. Proskurin D. A., Dilekova O. V.</i>                                                | 96  |
| <b>Pharmacology, toxicology, pharmacy</b> | • <i>Clinical aspects of treatment of breast skin wounds in cats. Alyokhin Yu. N., Popova O.S.</i>                                                                                                                                     | 104 |
|                                           | • <i>Toxicity of the feed additive when using the Tetrahymena Pyriformis test object. Kapitonova E.A., Vlasenko E.V.</i>                                                                                                               | 115 |
|                                           | • <i>The effect of halogen-containing anesthetics on the indicators of the gas composition of the blood of horses. Nechaev A.Yu., Soroka V.A.</i>                                                                                      | 121 |
|                                           | • <i>Quality indicators of a complex veterinary drug with hepatoprotective effect and their control. Khlebus N. K.</i>                                                                                                                 | 127 |
|                                           | • <i>Morphological examination of rat organs with T-2 toxicosis against the background of the use of the complex preventive agent "Zeapitox". Perfilova K.V., Mishina N.N., Gubeeva E.G., Semenov E.I., Saitov V.R., Hafizova A.M.</i> | 134 |
|                                           | • <i>Pharmacokinetic parameters of caffeine in laboratory animals in the context of assessing the functional state of the liver. Popova O. S., Ponamarev V.S., Kostrova A.V., Agafonova L.A.</i>                                       | 142 |

|                                                     |                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Zoohygiene,<br/>sanitation,<br/>feeding</b>      | • To study the effect of L-asparaginates and phytase on the content of actinomycetes and enterobacteria in the intestinal microbiome of broiler chickens. Zhilochkina T. I.                               | 150 |
|                                                     | • Dependence of the nutritional value of meat on the quality category. Kalyuzhnaya T.V., Orlova D.A., Karpenko L.Yu.                                                                                      | 156 |
|                                                     | • Analysis of BMP2 gene polymorphism of bone morphogenetic protein-2 in reindeer. Krutikova A.A., Peglivanyan G.K.                                                                                        | 161 |
|                                                     | • Ecological and ichthyotoxicological state of the southern water area of Lake Ladoga. Romanov A.Yu., Arshanitsa N.M.                                                                                     | 171 |
|                                                     | • The current ecological and ichthyotoxicological state of the Svir bay of Lake Ladoga. Romanov A.Yu., Arshanitsa N.M., Ekimova S.B.                                                                      | 179 |
|                                                     | • On the issue of ensuring food security in the conditions of the Boensky enterprise. Orlova D.A., Kalyuzhnaya T.V., Karpenko L.Yu., Redko V.A.                                                           | 189 |
|                                                     | • Detection of DNA of bacteria of the genus <i>Helicobacter</i> in pig meat. Pozdeev O.K., Nurgaliev F.M., Gilmanov H.H., Mannanova A.R.                                                                  | 194 |
|                                                     | • Clinical, pathological and genetic aspects of laryngeal paralysis in dogs. Mukiy Yu.V., Kostyunina O.V.                                                                                                 | 206 |
| <b>Biochemistry,<br/>morphology,<br/>physiology</b> | • Micromorphometric parameters of the thyroid gland and antioxidant status in rats with acute radiation damage against the background of the use of DAFS-25 and MONCLAVIT-1. Brevnova S.A.                | 213 |
|                                                     | • The course and branching of the extraorgan veins of the organs of urination in the arctic fox. Shchipakin M.V., Bylinskaya D.S., Melnikov S.I.                                                          | 224 |
|                                                     | • Anatomical and topographic substantiation of mandibular anesthesia in sheep. Ivantsov V.A., Slesarenko N.A.                                                                                             | 230 |
|                                                     | • Comparative assessment of the functional state of the thyroid gland and the adrenal cortex in cats of different ages. Malykhin A.S., Merzlenko R.A.                                                     | 236 |
|                                                     | • Assessment of the etiological causes of hyperkalemia in dogs. Karpenko L.Yu., Kozitsyna A.I., Bakhta A.A.                                                                                               | 242 |
|                                                     | • Histological patterns of the stomach of Yorkshire piglets in the age aspect. Polyanskaya A.I., Shchipakin M.V.                                                                                          | 248 |
|                                                     | • The venous bed of the shoulder and forearm area of the fruits of black-and-white cows. Melnikov S.I., Khvatov V.A.                                                                                      | 254 |
|                                                     | • Myoendocardial formations of the chambers of the heart of the water deer ( <i>Hydropotes Inermis</i> ) in statistics. Zhilin R.A., Tarasevich V.N.                                                      | 261 |
|                                                     | • Anatomical and topographic features of the quadriceps femoral muscle in small cattle. Shirokova E.O., Slesarenko N.A., Oganov E.O.                                                                      | 270 |
|                                                     | • Ultrasonographic visualization of morphological changes in the tendon tissue of the superficial flexor of the finger in sports horses with tendinopathy. Zhukova M.V., Borkhunova E.N.                  | 281 |
| <b>Obstetrics,<br/>gynecology</b>                   | • Morphology features of the endocardial structures of the right ventricle of the Siberian roe deer heart. Tarasevich V.N.                                                                                | 292 |
|                                                     | • The state of the prooxidant-antioxidant system in cows with different clinical conditions during pregnancy. Vostroilova G.A., Parshin P.A., Zhukov M.S., Khokhlova N.A., Shabanov D.I., Korchagina A.A. | 301 |

|                                  |                                                                                                                                                                                                                     |     |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                  | • Reproductive ability of cows after vaccination against anthrax. Lapina M.N., Kovaleva G.P., Suliga N.V., Vitol V.A.                                                                                               | 312 |
|                                  | • Changes in the gas composition and acid-base state of blood during cesarean section in dogs with various methods of general anesthesia. Gardeners K.P., Nechaev A.Yu.                                             | 317 |
|                                  | • Features of the biochemical profile of blood in the pre-breeding period in breeding goats with various manifestations of sexual reflexes during the breeding season. Leibova V.B.                                 | 324 |
|                                  | • The effectiveness of the use of biotinylated derivative of oxidized dextran in the prevention of subclinical mastitis of cows. Onishchenko I.S., Greku I.V., Koptev V.Yu., Leonova M.A., Shkil N.A., Vdovina A.E. | 330 |
| <b>Surgery</b>                   | • The experience of using orthoses made of modern polymer materials in the rehabilitation of Shetland breed ponies after resection of the femoral head. Korobchuk M. V., Karklin A. I., Balashova O.V.              | 336 |
|                                  | • Consolidation of experimental fractures during intramedullary osteosynthesis in rats using Collapan-L and Thymogen. Iskaliev E.A., Stekolnikov A.A., Reshetnyak V.V., Burdeiny V.V.                               | 350 |
|                                  | • The relationship between the occurrence of anterior synechiae and localization of a burn wound of the cornea. Pilipets E.Ya., Minina A.O., Bokarev A.V.                                                           | 360 |
|                                  | • Comparative evaluation of methods of castration of bulls. Mikhailova I.I., Leshchenko T.R., Finageev E.Yu., Bocharova-Mikhailova O.N., Solokhina E.D.                                                             | 366 |
|                                  | • The use of lidocaine during anesthesiological support, in the surgical treatment of inversion of the large colon in horses. Pogorelov M.A., Stekolnikov A.A., Zaitseva A.V.                                       | 372 |
|                                  | • Investigation of the effect of plasma jet on regeneration of rabbit knee cartilage. Ali Khazai Kuhpar, Alireza Jahandide, Peyman Mortazavi.                                                                       | 379 |
| <b>Non-communicable diseases</b> | • The use of iron-containing drugs for the prevention of alimentary anemia in sows and their offspring. Chernenok V.V., Simonova L.N., Simonov Yu.I., Chernenok Yu.N., Kopteva Yu.S.                                | 388 |
|                                  | • Aeroallergens detected in dogs with atopic dermatitis in St. Petersburg and the Leningrad region. Dobrovolskaya A.N., Karpenko L.Yu.                                                                              | 394 |
|                                  | • Leukocyte blood formula and the incidence of calves against the background of the use of Tanamine Zn. Lavrinova E.V., Semenyutin V.V., Krapivina E.V.                                                             | 399 |
|                                  | • Etiology of gastrointestinal and respiratory diseases of calves in the conditions of farms of the Vologda region. Makarova V.N., Badeeva O.B., Koryukina M.V., Simanova I.N.                                      | 407 |
|                                  | • The spread of liver diseases in sows according to the results of the study of the biochemical composition of blood. Petrovsky S. V.                                                                               | 415 |
|                                  | • Dynamics of electrophysiological parameters of variability of the heart rate of cows. Ippolitova T.V., Naumov M.M., Stepura E.E., Naumov N.M., Kuznetsov S.V.                                                     | 421 |
|                                  | • Comparative effectiveness of conservative treatment regimens for alimentary lymphoma in cats. Lenkova N.V., Wolf A.V.                                                                                             | 430 |



## ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 616.98-084:578.89:57.022:636.4

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.12

### ВЛИЯНИЕ ДВУХ ВАКЦИН ОТ ЦИРКОВИРОЗА НА СОХРАННОСТЬ И ПРИВЕСЫ СВИНЕЙ В ГРУППАХ ДОРАЩИВАНИЯ И ОТКОРМА

**Мусин А.Р.** \* – к. в. н., ассистент кафедры патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины (ORCID 0009-0000-5815-6145), **Кудряшов А.А.** – д. в. н., проф., зав. кафедрой патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины (ORCID 0000-0002-7529-6307), **Балабанова В.И.** – д. в. н., доцент, профессор кафедры патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины (ORCID 0000-0002-1391-7833), **Иванов Ю.В.** – к. в. н., доцент кафедры патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины (ORCID 0000-0002-6606-2584)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

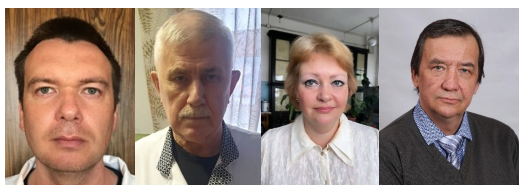
**Ключевые слова:** свиньи, вакцины, цирковироз, сохранность, привес

**Key words:** pigs, influence, vaccines, circovirosis, safety, weight gain

Поступила: 07.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



#### РЕФЕРАТ

Цель работы – экспериментальным путём выяснить в сравнении влияние двух вакцин против цирковиральной инфекции Порцилис PCV и Цирковак на сохранность и привесы свиней в группах доращивания и откорма в свиноводческом холдинге. Объектом исследования явились 6687 свиней: 3393 головы, вакцинированные согласно инструкции вакциной Цирковак в дозе 0,5 мл (1-я группа), и 3294 головы, вакцинированные согласно инструкции вакциной Порцилис PCV в дозировке 2,0 мл (2-я группа). В обеих группах вакцинация проводилась в день отъема на 27-28 день жизни внутримышечно в область шеи. При отъёме, при переводе на откорм и перед убоем животных взвешивали. По результатам взвешивания определили средний вес животных в 28 дней, в 75 дней и вес при реализации, а также среднесуточный привес на доращивании и откорме. Провели аутопсию 209 павших поросят из 1 группы и 202 павших поросят из 2 группы. При патологоанатомическом исследовании ни у одного поросёнка не был обнаружен комплекс патологоанатомических изменений, свойственный цирковирозу. После прививки свиней в двух группах вакцинами в течение периодов доращивания и откорма не было случаев заболевания цирковирозом среди поголовья обеих групп. Разница в показателях падежа, технологического брака, среднего веса при отъёме, среднего веса при переводе на откорм, среднесуточных привесов и веса при реализации в исследованных группах минимальна, не существенна. Таким образом, вакцина Цирковак в дозе 0,5 мл показала такую же эффективность, как и вакцина Порцилис PCV в дозировке 2,0 мл.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Цирковирусная инфекция (цирковирусная болезнь, цирковироз) свиней – инфекционная болезнь, характеризующаяся отставанием в росте и развитии, поражением кожи, органов иммунной системы, кровеносных сосудов, почек, развитием респираторного синдрома. Болезнь распространена повсеместно. Эпизоотическая ситуация в России, как и в Европе в целом, такова, что нет стад свиней, свободных от цирковирусной инфекции. В одних хозяйствах болезнь не проявляется клинически или проявляется в единичных случаях, а в других приводит к смертности до 50% поросят. Наиболее восприимчивы поросята-отъемыши, особенно подвергнувшиеся стрессу в виде перегруппировок, вакцинаций [2,3].

Возбудитель болезни – вирус семейства *Circoviridae*. Существует непатогенный тип цирковируса свиней (ЦВС-1) и патогенный тип (ЦВС-2), который размножается в клетках лимфоидной ткани, в эндотелиоцитах. В организме концентрируется в селезенке, лимфатических узлах, альвеолярных макрофагах. Вызывает генерализованный васкулит, иммунодепрессивное состояние [7,9].

ЦВС-2 чрезвычайно устойчив во внешней среде, является одним из самых устойчивых к дезинфектантам вирусов. Фумигация формальдегидом в течение 24 часов не инактивирует вирус. Обработка йодом уничтожает возбудитель только в 10% концентрации с экспозицией 2 часа. Глутаровый альдегид инактивирует вирус в 1% концентрации в течение 20 минут. Выдерживает обработку 5 % фенолом в течение 2 часов при температуре 37° С. Нагревание до 80° С в течение 15 минут не убивает вирус, необходимо кипятить материал не менее 10 минут. Болезнь наносит свиноводческим хозяйствам ощутимый экономический ущерб [4,6,8].

На рынке ветеринарных препаратов в РФ имеются вакцины против цирковирусной инфекции как отечественного, так и зарубежного производства. Наибольшую популярность на крупных свиноводче-

ских комплексах имеет продукция зарубежных производителей, в том числе часто используемые вакцины: Порцилис PCV (MSD Animal Health) и Цирковак (Сева Санте Анималь). Для прививки этих вакцин используется разная дозировка. Так, доза первой вакцины составляет 2,0 мл, а второй – 0,5 мл. Малая доза второй вакцины вызывает у многих ветеринарных врачей сомнения в эффективности иммунизации, что негативно может сказаться на здоровье и продуктивности животных. Исходя из вышеизложенного, сочли целесообразным проверить правомерность сомнений в эффективности иммунизации второй вакцины с позиции влияния на здоровье и продуктивность привитых свиней. В связи с этим, в 2021 году был проведен эксперимент в свиноводческом холдинге, на репродукторной и откормочной фемах, расположенных в разных районах Ленинградской области. Основным видом деятельности репродуктора является репродукция и выращивание поросят для откорма, возрастом 75-80 дней и весом 30-33 кг. Откорм предусматривает выращивание поросят, возрастом с 75 до 180 дней и весом до 117 кг. Предприятия имеют высокую степень биозащиты, относятся к 4-му компартменту. Статус здоровья животных на данных фермах поддерживается на высоком уровне. Поголовье благополучно по основным инфекционным заболеваниям, таким как: энзоотическая пневмония свиней, актинобациллезная плевропневмония, репродуктивно-респираторный синдром свиней, эпидемическая диарея свиней, болезнь Ауески, дизентерия свиней. В плане проводимых вакцинаций: вакцинации против неонатальной диареи, парвовирусной инфекции, лептоспироза, рожи. Также проводится вакцинация против цирковирусной инфекции поросятам в день отъема в возрасте 27-28 дней и против классической чумы свиней на 45 и 80 дни жизни. Цель работы – экспериментальным путём выяснить в сравнении влияние двух вакцин против цирковирусной инфекции на сохранность и привесы



свиней в группах доращивания и откорма в свиноводческом холдинге.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHODS**

Объектом исследования явились 6687 свиней: 3393 головы, вакцинированные согласно инструкции вакциной Цирковак в дозе 0,5 мл (1-я группа), и 3294 головы, вакцинированные согласно инструкции вакциной Порцилис PCV в дозировке 2,0 мл (2-я группа).

В обеих группах в день отъема на 27-28 день жизни проводилось взвешивание и вакцинация внутримышечно в область шеи. Вакцинацию проводил один и тот же персонал – операторы-животноводы под контролем ветеринарного врача и начальника участка. Последующие семь дней для профилактики секундарной инфекции выпаивали антибиотик широкого спектра действия, путем включения в систему поения через дозатор-медиатор. Ежедневно проводили обход для выявления больных животных и их лечения. Во время проведения исследования условия содержания и кормления свиней не менялись. Животные располагались в помещениях до 800 голов в каждом. Помещения имели собственную систему микроклимата, пластиковые решетчатые полы, нормативно обеспечены сухими кормами, автоматическими чашечными и ниппельными поилками.

В возрасте 75-80 дней поросят взвешивали и перевозили на откормочную ферму специализированным транспортом. В это время отобрали пробы крови от 3 свиней 1 группы и от 3 свиней 2 группы для исследования методом ПЦР на наличие генома парвовируса. Исследование методом ПЦР с наборами реагентов на наличие инфекционных агентов: цирковируса 2-го типа проведено в «Федеральном центре охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»).

На откормочной ферме поросята располагались в корпусах до 1700 голов в каждом. В помещениях имелась собственная система микроклимата, бетонный решетчатый пол, осуществлялось кормле-

ние жидкого типа, с раздачей корма каждые три часа. Ежедневно проводился обход для выявления больных, слабых животных и их лечения. Первые семь дней после постановки свиней, проводили профилактическую добавку антибиотика в корм. После откорма, в день убоя свиней взвешивали. По результатам взвешивания определили средний вес животных в 28 дней, в 75 дней и вес при реализации, а также среднесуточный привес на доращивании и откорме. Патологоанатомическому исследованию было подвергнуто 209 павших поросят из группы 1 и 202 павших поросёнка из группы 2. Вскрытие провели по методу полной эвисцерации [5].

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION**

В результате исследования ПЦР в пробах сыворотки крови от 2 свиней 1 группы и от 3 свиней 2 группы выявлен геном цирковируса 2-го типа. Следовательно, поголовье свиней на фермах является инфицированным цирковиром 2-го типа. Однако, цирковирозная болезнь, как таковая, на фермах не диагностирована. Во-первых, в группах не было отмечено клинического проявления цирковирозной болезни, в частности типичного для неё геморрагического васкулита кожи. Во-вторых, за время опыта пало и было вскрыто 209 поросят из группы 1 и 202 поросёнка из группы 2. При патологоанатомическом исследовании ни у одной головы не был обнаружен комплекс патологоанатомических изменений, свойственный цирковирозу и включающий сильное увеличение брыжеечных и поверхностных паховых лимфоузлов, подострый гломерулонефрит, интерстициальная пневмония [1].

Свиней из обеих групп наблюдали до момента отправки на убой. Технология производства предусматривает взвешивание всех поросят в день отъема, при отправке на откорм, а также при отправке на убой. Учет выбытия поросят ведется и вёлся во время эксперимента ежедневно.

Как видно из данных, сведённых в таблицах, и в группе 1, и в группе 2 разница в

Таблица 1

**Показатели падежа и технологического брака в исследуемых группах**

| Показатель                     | Группа 1 (вакцина «Цирковак») |            | Группа 2 (вакцина «Порцилис ПСВ») |            |
|--------------------------------|-------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
|                                | Число голов                   | % в группе | Число голов                       | % в группе |
| <b>Поросята на доращивании</b> |                               |            |                                   |            |
| Падёж                          | 79                            | 2,33       | 77                                | 2,34       |
| <b>Свиньи на откорме</b>       |                               |            |                                   |            |
| Падёж                          | 130                           | 3,91       | 125                               | 3,90       |
| Технологический брак *         | 98                            | 2,97       | 96                                | 2,99       |
| Всего                          | 307                           | 9,04       | 298                               | 9,05       |

Таблица 2

**Вес поросят и привесы в исследуемых группах**

| Показатель                     | Группа 1 (вакцина «Цирковак») | Группа 2 (вакцина «Порцилис ПСВ») |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Поросята на доращивании</b> |                               |                                   |
| Средний вес в 28 дней, кг      | 8,01                          | 8,12                              |
| Средний вес в 75 дней, кг      | 29,85                         | 29,95                             |
| Среднесуточный привес, кг      | 0,465                         | 0,469                             |
| <b>Свиньи на откорме</b>       |                               |                                   |
| Среднесуточный привес, кг      | 0,802                         | 0,808                             |
| Вес при реализации, кг         | 114,1                         | 114,9                             |

*Примечание: \* - технологический брак – выбракованные клинически здоровые животные, не поддающиеся откорму.*

показателях падежа, технологического брака, среднего веса при отъёме, среднего веса при переводе на откорм, среднесуточных привесов и веса при реализации минимальна, не существенна.

#### Выводы / Conclusion

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. После прививки свиней в двух группах вакцинами против цирковироза разного производства в отличающейся дозировке (0,5 и 2,0 мл), в течение периодов доращивания и откорма не было случаев заболевания цирковирозом среди поголовья обеих групп.
2. Разница в показателях падежа, технологического брака, среднего веса при отъёме, среднего веса при переводе на откорм, среднесуточных привесов и веса при реализации в исследованных группах минимальна, не существенна.
3. Вакцина Цирковак в дозе 0,5 мл показала себя не хуже вакцины Порцилис PCV при дозировке 2,0 мл.

#### THE EFFECT OF TWO CIRCOVIRUS VACCINES ON THE SAFETY AND WEIGHT GAIN OF PIGS IN THE REARING AND FATTENING GROUPS

Musin Albert R, PhD, Assistant of the Pathologic Anatomy Depart, Kudriashov Anatoly A, Doctor of Veterinary Science, Professor, Head of the Pathologic Anatomy Depart, Balabanova Victoria I, Doctor of Veterinary Science, Professor of the Pathologic Anatomy Depart, Ivanov Yuri V, PhD, Associate Professor of the Pathologic Anatomy Depart Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine

#### ABSTRACT

The aim of the work is to experimentally find out in comparison the effect of two vaccines against circovirus infection Porcilis PCV and Circovac on the safety and weight gain of pigs in the rearing and fattening groups in the pig holding. The object of the study were 6687 pigs: 3393 heads vaccinated

according to the instructions with the Circovac vaccine at a dose of 0.5 ml (group 1), and 3294 heads vaccinated according to the instructions with the Porcilis PCV vaccine at a dosage of 2.0 ml (group 2). In both groups, vaccination was carried out on the day of weaning on the 27-28 day of life intramuscularly in the neck area. When weaning, when transferring to fattening and before slaughter, the animals were weighed. According to the results of weighing, the average weight of animals was determined at 28 days, at 75 days and the weight at sale, as well as the average daily gain during rearing and fattening. Autopsy was performed on 209 fallen piglets from group 1 and 202 fallen piglets from group 2. During the pathoanatomic examination, a complex of pathoanatomic changes characteristic of circovirus was not found in any piglet. After vaccination of pigs in two groups with vaccines during the periods of rearing and fattening, there were no cases of cirrhosis among the livestock of both groups. The difference in indicators of case, technological marriage, average weight at weaning, average weight at transfer to fattening, average daily weight gain and weight at realization in the studied groups is minimal, not significant. Circovac vaccine in a dose of 0.5 ml proved to be no worse than the Porcilis PCV vaccine in a dosage of 2.0 ml.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балабанова, В.И. Патоморфологические изменения при цирковиральной и стрептококковой инфекции свиней / В.И. Балабанова, А.А. Кудряшов // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2020. - № 1(45). – С. 59-63 DOI: 10.24411/2074-5036-2020-00011
2. Донник, И.М. Клинические признаки заболеваний, ассоциированных с цирковиральной и инфекцией свиней и сопутствующие инфекции / И.М. Донник, О.Г. Петрова, А.Г. Исаева и др. // Аграрный вестник Урала. 2013. № 3 (109). С. 20-23.
3. Евлевский, А.А. Цирковиральная болезнь свиней (ЦВБС) – эпизоотическая значимость, особенности профилактики / А.А. Евлевский, Ж.Г. Петрова, Г.Е. Петров и др. // Вестник Курской государ-

ственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 6. С. 75-77.

4. Кудряшов, А.А. Инфекционные болезни животных: учебное пособие / А.А. Кудряшов, А.В. Святковский. — Санкт-Петербург: Лань, 2007. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-0710-1. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19510708>

5. Методы диагностики болезней сельскохозяйственных животных: учебное пособие / А.П. Курдеко, С.П. Ковалев, В.Н. Алешкевич [и др.]; под редакцией А.П. Курдеко, С.П. Ковалева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-4952-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129095> (дата обращения: 24.03.2023).

6. Свиньи. Содержание, кормление и болезни: Учебное пособие. Учебники для вузов. Специальная литература / Под ред. А.Ф. Кузнецова. -СПб.: Изд-во «Лань», 2007 – 544 с. (гл.11. Инфекционные болезни свиней - С.402-493, Цирковиральная инфекция свиней. – С. 424-427 ISBN 978-5-8114-0732-3

7. Султанулы, Ж. Патоморфологические изменения при цирковиральной инфекции свиней / Ж. Султанулы, К.М. Ромашев, М.Р. Турабеков и др. // Новости науки Казахстана. 2018. - № 2 (136). - С. 192-200.

8. Эпизоотология с микробиологией: учебник для вузов / под ред. В.А. Кузьмина, А.В. Святковского: изд. 6-е стер. - СПб.: Изд-во «Лань», 2021. - 432 с.: ил.: (гл. 1 Систематика и морфология микроорганизмов - Цирковирусы – С.13. ISBN 978-5-8114-7577-3.

9. López-Lorenzo, G. Environmental distribution of Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) in swine herds with natural infection / G. López-Lorenzo, J.M. Díaz-Cao, A. Prieto et al // Sci. Rep., 2019, 9, 14816. doi:10.1038/s41598-019-51473-6

#### REFERENCES

1. Balabanova, V.I. Pathological changes in circovirus and streptococcal infections in pigs / V.I. Balabanova, A.A. Kudryashov //

- Topical issues of veterinary biology. - 2020. - No. 1 (45). - P. 59-63 DOI: 10.24411/2074-5036-2020-00011. (In Russ.)
2. Donnik, I.M. Clinical signs of diseases associated with circovirus and infection of pigs and concomitant infections / I.M. Donnik, O.G. Petrova, A.G. Isaeva and others // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 3 (109). pp. 20-23. . (In Russ.)
3. Evglevsky, A.A. Porcine circovirus disease (PCVD) - epizootic significance, prevention features / A.A. Evglevsky, Zh.G. Petrova, G.E. Petrov and others // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2013. No. 6. S. 75-77. . (In Russ.)
4. Kudryashov, A.A. Infectious animal diseases: textbook / A.A. Kudryashov, A.V. Svyatkovsky. - St. Petersburg: Lan, 2007. - 608 p. - ISBN 978-5-8114-0710-1. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19510708> . (In Russ.)
5. Methods for diagnosing diseases of agricultural animals: textbook / A.P. Kurdeko, S.P. Kovalev, V.N. Aleshkevich [i dr.]; under the editorship of A.P. Kurdeko, S.P. Kovalev. - 2nd ed., erased. - St. Petersburg: Lan, 2020. - 208 p. - ISBN 978-5-8114-4952-1. — Text: electronic // Doc: electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129095> (date of access: 03/24/2023). . (In Russ.)
- 6 Pigs Maintenance, feeding and disease: Textbook. Textbooks for universities. Special Literature / Ed. A.F. Kuznetsova. - St. Petersburg: Publishing house "Lan", 2007 - 544 p. (Chapter 11. Infectious diseases of pigs - P.402-493, Circovirus infection of pigs. - P. 424-427 ISBN 978-5-8114-0732-3 . (In Russ.)
7. Sultanuly, J. Pathological changes in circovirus infection of pigs / J. Sultanuly, K.M. Romashev, M.R. Turabekov and others // News of Science of Kazakhstan. 2018. - No. 2 (136). - S. 192-200. . (In Russ.)
8. Epizootology with microbiology: a textbook for universities / ed. V.A. Kuzmina, A.V. Svyatkovsky: ed. 6th ster. - St. Petersburg: Publishing house "Lan", 2021. - 432 p.: ill.: (Ch. 1 Systematics and morphology of microorganisms - Circoviruses - P.13. ISBN 978-5-8114-7577-3. . (In Russ.)
9. López-Lorenzo, G. Environmental distribution of Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) in swine herds with natural infection / G. López-Lorenzo, J.M. Diaz-Cao, A. Prieto et al., Sci. Rep., 2019, 9, 14816. doi:10.1038/s41598-019-51473-6

УДК: 636.294:579.62:577.2  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.18

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОМА РУБЦА У СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ ПРИ НЕКРОБАКТЕРИОЗЕ

Лайшев К.А.<sup>1\*</sup> – доктор ветеринарных наук, академик РАН, главный научный сотрудник (ORCID 0000-0003-2490-6942), Ильина Л.А.<sup>2</sup> – доктор биологических наук, главный научный сотрудник (ORCID 0000-0003-2789-4844), Южаков А.А.<sup>1</sup> – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (ORCID 0000-0002-0633-4074)

<sup>1</sup> – ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», г. Санкт Петербург, layshev@mail.ru

<sup>2</sup> – Общество ограниченной ответственности "Биотроф+", Санкт-Петербург

\* layshev@mail.ru

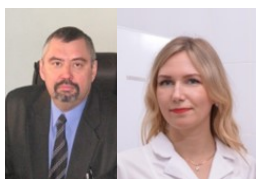
**Ключевые слова:** северные олени, болезни северных оленей, некробактериоз, микроорганизмы.

**Keywords:** reindeer, reindeer diseases, necrobacteriosis, microorganisms

Поступила: 15.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Северные олени являются уникальным видом животных, которые приспособились к суровым арктическим условиям. Адаптационные особенности строения желудочно-кишечного тракта северных оленей позволяет поедать активно переваривать и усваивать лишайники, листву, кустарники, подснежную зелень. Наряду с полезной микрофлорой, в рубце северных оленей обитают патогенные и условно патогенные микроорганизмы. Цель наших исследований - изучить и сравнить особенности микробиома рубца у здоровых и больных некробактериозом северных оленей. Предметом исследования служили пробы рубцового содержимого, отобранные у 38 северных оленей (*Rangifer tarandus*) ненецкой породы разных возрастных групп. Изучения микробиома проводили способом NGSсеквенирования на платформе для секвенирования последующего поколения MiSeq (Illumina, США) с применением праймеров для V3-V4 региона 16S рРНК.

На основании проведенных исследований удалось установить, что микробиом рубца северных оленей в летний и зимний периоды характеризуется определенными отличиями. В летний пастбищный период регистрируется наличие большего количества таких патогенных бактерий, как *Fusobacterium sp.*, *Parvimonas sp.* и *Porphyromonas endodontalis*, при этом в спектре патогенных микроорганизмов наиболее часто выделяли бактерий рода *Fusobacterium*, которые считаются основным инфекционным возбудителем при некробактериозе. В этот же период в пробах рубца у оленей устанавливали наличие бактерий рода *Sharpea*, входящих в филу *Erysipelotrichaceae*, которые ферментируют сахара с образованием молочной кислоты и могут вызывать развитие лактатного ацидоза. У телят в процессе болезни снижается количество грибов-хитридиомикетов, которые, участвуют в ферментации полисахаридов.



## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Северные олени являются уникальным видом животных, которые приспособились к суровым арктическим условиям. Адаптационные механизмы к длительным низким температурам вызвали определенные анатомо-физиологические изменения у животных. Так густой плотный шерстный покров, насыщенный воздухом, способствует защите тела оленя в зимний период, слабо развитые потовые железы снижение и сужение кожных капилляров уменьшает теплоотдачу, а большое количество поверхностных кровеносных сосудов в слизистой оболочке трахеи согревает вдыхаемый холодный воздух, расширенные фаланги пальцев конечностей облегчают движению по глубокому снегу и т.д. [1].

Несомненно, определенные адаптационные изменения претерпели и пищеварительная система северных оленей: адаптационные особенности строения желудочно-кишечного тракта животных отличается по сравнению с другими представителями семейства оленьих и позволяет поедать лишайники, листву, кустарники, подснежную зелень, активно переваривать и усваивать.

Следует отметить уникальность профиля микроорганизмов, обитающих в рубце северных оленей, которые участвуют в переваривании большого количества растительной клетчатки. Ранее проведенные нами исследования позволили установить, что по таксономической принадлежности более 80 % выявленных 361 микроорганизмов относится к четырем бактериальным филумам - *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* и *Proteobacteria*, менее представленными оказались *Tenericutes*, *Fusobacteria*, *Acidobacteria* и *Cyanobacteria*. [2, 3].

Наряду с полезной микрофлорой, в рубце северных оленей обитают патогенные и условно патогенные микроорганизмы, среди которых следует, в первую очередь, выделить *Fusobacterium necrophorum*. Именно эта бактерия является основным этиологическим инфектом возникновения некробактериоза в олене-

водческих стадах.

Некробактериоз - инфекционная болезнь северных оленей, которая постоянно регистрировалась в оленеводческих хозяйствах Арктической зоны РФ. По данным отдельных исследователей, заболеваемость оленей некробактериозом может составляла 10-30% от общего числа животных в стаде а летальность больных животных могла достигать 50-80%. Болезнь отмечали только в летний и ранний осенний периоды, среди заболевших животных до 60% составляют телята текущего года рождения. [4, 5].

Так по данным Плоховой А в 2005 и 2006 г. оленеводческих стадах РФ ежегодно некробактериозом заболело более 30 тыс. оленей, а пало от 5,0 до 7,0 тыс. животных. [6].

В настоящее время данная болезнь практически не встречается в отчетности ветеринарных специалистов по болезням северных оленей. Это связано с тем, что Приказом Минсельхоза России от 19.12.2011 № 476 некробактериоз внесен в перечень заразных, в том числе особо опасных болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин). По нашему мнению, некробактериоз по прежнему встречается в оленеводческих хозяйствах, так как неоднократно видели в оленеводческих стадах с клиническими проявлениями некробактериоза (гнойно-некротические поражения дистальных участков конечностей).

Несомненно, мы согласны с учеными, которые считают, что при возникновении некробактериоза у оленей наряду с *Fusobacterium necrophorum* негативную роль играют и другие микроорганизмы. Для примера, А.М.Самандас, исследуя бактериологически патологический материал, полученный из гнойно-некротических очагов дистальных участков конечностей оленей, только в 35% случаев выделил возбудитель некробактериоза в монокультуре, а в 65% случаев *F. necrophorum* выделяли в ассоциации с другой патогенной микрофлорой: чаще всего высевали стафилококки - 45-50%, споровые анаэ-

робы 26 - 31%, микробы кишечной группы - 15-20%, стрептококки - 13-15%. Близкие по показателям цифры результаты были получены и у других исследователей [7].

При эпизоотологическом обследовании некробактериозных очагов следует учитывать, что *Fusobacterium necroforum* является естественным обитателем желудочно-кишечного тракта северных оленей, об этом в своих работах впервые указывали Б.В. Маслухин и А.Г. Маслухина, которые выделяли бактерии *F. necroforum* у телят оленей начиная с 5-дневного возраста. В своих работах авторы указывали, что возбудитель некробактериоза выделен в 40% случаев из кала животных, бактерионосительство продолжается в течении всего года. [8].

Позже С. Самойлов засвидетельствовать прежде полученные результаты, исследовав выделение *F. necroforum* из 7 содержимого рубца и кала домашних и диких северных оленей. Он отмечал, что от 30 особей выделено бактериологически 10 культур из рубцового содержимого и 7 из каловых масс оленей, в 6 вариантах одновременно выделяли культуры и из рубца, и из каловых масс. Четыре культуры возбудителя некробактериоза выделены от диких северных оленей, что указывает на факт природной очаговости болезни. Возбудитель некробактериоза выделяли в летнее и в зимнее время года у оленей разного пола и возраста. [9].

Таким образом очевидно, что этиология некробактериоза у северных оленей связана с составом патогенных микроорганизмов в рубце животных. Несомненно, имеет место ведущая роль *F. necrophorum* в возникновении болезни у оленей, однако, учитывая возможность синергетического действия при совместном расселении фузобактерии и микрофлорой других экологических ниш организма животного, например, рубца, возможно ожидать осложненных форм болезни (гнойно-некротические поражения ротовой полости, гнойные эндоперикардиты, плевриты и пневмо-перикардиты, гнойно-некротические поражения печени и т.д.).

Цель наших исследований - изучить и сравнить особенности микробиома рубца у здоровых и больных некробактериозом северных оленей.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Предметом изучения служили 38 особей северных оленей (*Rangifer tarandus*) ненецкой породы разных возрастных групп (телята 4-8 мес. и взрослые особи).

Диагноз на некробактериоз у больных животных ставили на основании клинических признаков, которые проявлялись при движении животного в виде хромоты опирающейся конечности или конечность удерживалась на весу. В области венчика копыта обнаруживали инфицированную рану в виде гнойно-некротической язвы с сильным воспалением окружающих тканей. У отдельных оленей отмечали флегмонозно-гнойное воспаление с поражением более глубоких слоев тканей, сухожильных влагалищ и сухожилий.

Пробы рубцового содержимого отбирали в летний и зимний периоды в оленеводческих стадах Ямало-Ненецкого и Ненецкого автономных округов при помощи зонда и в течении 2 часов замораживали и хранили при температуре -20°C. Полную ДНК из образцов отделяли с помощью комплекта Genomic DNA Purification Kit («Fermentas, Inc. Литва») как рекомендовано в рекомендациях производителя. Количество ДНК измеряли флуорометром Qubit® 2. 0 (Life Technologies, США). Выделенную ДНК для последующего анализа так же сохраняли при температуре -20°C.

Изучения микробиома проводили способом NGS секвенирования на платформе для секвенирования последующего поколения MiSeq (Illumina, США) с применением праймеров для V3-V4 региона 16S рРНК. Обработку полученных видов и контроль качества проводился в соответствии с программой QIIME2 ver. 10 (<https://PP.razbor.ru/> Полученных результатов был выполнен в программном обеспечении QIIME2. Индексы  $\alpha$ -биоразнообразия (в рамках сопоставления выборок), вклю-

чая Шеннона, Chao1, Симпсона и предполагаемые OTU, были проанализированы с применением параметров по умолчанию в программном обеспечении QIIME2. Общие и неповторимые OTU между разными видами оленей были рассчитаны и визуализированы при помощи пакета VennDiagram в программном обеспечении R. Для исключения редких таксонов комплекты данных, в анализ сети общей встречаемости были интегрированы лишь таксоны с сравнительной численностью больше 0,01%, встречающиеся как минимум в 50% всех образцов внутри любого вида животных.

### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

По результатам проведенных исследований 61% филотипов у здоровых и больных некробактериозом взрослых оленей были отнесены к филуму *Firmicutes*, бактерий филумов *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* и *Proteobacteria* было несколько меньше, а минимальное количество было отнесено к филумам *Fusobacteria*, *Acidobacteria*, *Cyanobacteria*, 22,8% филотипов по базам идентифицировать не удалось.

При сравнительном анализе микробиома рубца у здоровых и больных некробактериозом оленей установлено более высокое количество фузобактерий (филум *Fusobacteria*) у больных взрослых особей в 1,79 раза ( $P < 0,05$ ), у больных телят по сравнению со здоровыми в 2,65

раза ( $P < 0,05$ ), что является доказательством доминирующего значения микроорганизмов рода *Fusobacterium* (в т. ч. *F. necrophorum*) при возникновении некробактериоза (Рисунок 1). О полиэтиологическом происхождении некробактериоза свидетельствует обнаруженное у больных некробактериозом животных увеличенное содержание других патогенных бактерий, в том числе, возбудителей гнойно-некротических инфекций. Так у всех больных оленей отмечено высокое наличие бактерий рода *Staphylococcus* ( $P < 0,05$ ) и семейства *Pseudomonadaceae* ( $P < 0,05$ ), а молодых животных зафиксировано большее присутствие в содержимом рубца кампилобактерий (семейство *Campylobacteriaceae*) и (семейства *Enterobacteriaceae*) в 1,96 раза ( $P < 0,05$ ) и 2,38 раз соответственно ( $P < 0,05$ ) в сопоставлении с клинически здоровыми особями (Рисунок 1).

Следует также отметить, что наши исследования показали у клинически больных некробактериозом оленей уменьшенное число микроорганизмов, участвующих в ферментации углеводов лишайниковых кормов ( $P < 0,05$ ), и бактерий, участвующих в ферментации полисахаридов с образованием летучих жирных кислот (ЛЖК) класса *Clostridia* (в том числе семейств *Lachnospiraceae*, *Eubacteriaceae* и *Clostridiaceae*).

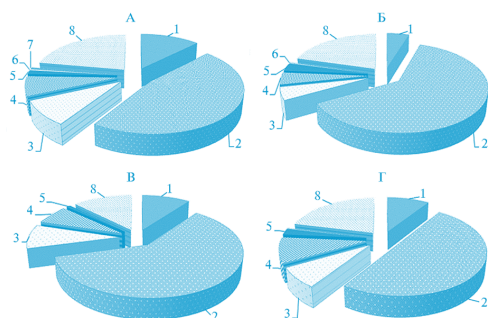


Рис. 1 Бактериальный профиль микроорганизмов в рубце северных оленей: А - взрослые здоровые, Б - взрослые больные некробактериозом, В - телята здоровые, Г - телята больные некробактериозом. Микроорганизмы: 1 - *Bacteroidetes*; 2 - *Firmicutes*; 3 - *Actinobacteria*; 4 - *Proteobacteria*; 5 - *Fusobacteria*; 6 - *Cyanobacteria*; 7 - *Acidobacteria*; 8 - неклассифицированные нуклеотидные последовательности.

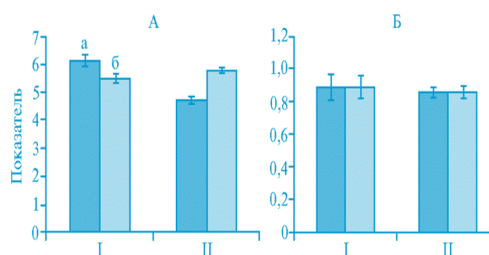


Рис. 2 Профиль микроорганизмов в пробах рубца взрослых животных и телят северных оленей ( $\bar{X} \pm x$ ): а - индекс Шеннона, б - индекс Симпсона; I - здоровые, II - олени с некробактериозной патологией.

У всех некробактериозных оленей отмечено подлинно меньшее, число бактерий филума *Bacteroidetes* (включающего роды *Bacteroides*, *Prevotella*), которые участвуют в процессе ферментации крахмала, клетчатки, и прочих углеводов, а также белков дезаминирующих аминокислоты. а у заболелых телят зафиксировано падение числа бактерий порядка *Negativicutes* (родов *Megasphaera*, *Selenomonas*), а именно эти микроорганизмы стабилизируют уровень кислотности в рубце животных и препятствуют развитию лактатного ацидоза за счет расщепления пропионовой, уксусной, масляной, молочной и прочих органических кислот. Приведенные выше результаты подтверждены изменениями экологических индексов (Рисунок 2).

#### ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION

Таким образом, на основании проведенных исследований удалось установить, что микробиом рубца северных оленей в летний и зимний периоды характеризуется определенными отличиями. Так в летний пастбищный период регистрируется наличие большего количества таких патогенных бактерий, как *Fusobacterium sp.*, *Parvimonas sp.* и *Porphyromonas endodontalis*, при этом в спектре патогенных микроорганизмов наиболее часто выделяли бактерий рода *Fusobacterium*, которые считаются основным инфекционным возбудителем при некробактериозе.

Кроме того, в летний период в пробах рубца у оленей устанавливали наличие бактерий рода *Sharpea*, входящих в филу *Erysipelotrichaceae*, которые ферментируют сахара с образованием молочной кислоты, как следствие изменение кислотности в преджелудке, нарушение переваривания клетчатки и развитие лактатного ацидоза, который в свою очередь провоцирует повреждение эпителия рубца и способствует проникновению патогенных фузобактерий через слизистую рубца в кровь. [10-12]

Следует отметить влияние других микроорганизмов, выделяемых из рубца

северных оленей в летний период. Так патогенные бактерии, по данным некоторых авторов способствуют развитию хронических болезней полости рта, в частности – хронических периодонтитов [13].

Бактерии рода *Oscillospira* относятся к кластеру *Clostridia* IV, являются анаэробами, недавно их идентифицировали как маркер, связанный с различными патологическими процессами у животных, в частности, худобой [14].

На основании выше сказанного, можно сделать заключение о том, что профиль микроорганизмов содержимого рубца у северных оленей в летний характеризуется увеличением количества патогенных видов бактерий: таких как, *Fusobacterium sp.*, *Parvimonas sp.* и *Porphyromonas endodontalis*, которые можно выделить как микроорганизмы-маркеры патологических процессов (некробактериоз, лактатный ацидоз, болезни полости рта и др.). Результаты проведенных исследований могут послужить основой для постановки окончательного диагноза на некробактериоз в оленеводческих стадах и разработки специально ветеринарно-профилактических мероприятий по борьбе с указанной инфекцией.

#### PECULIARITIES OF THE RUMINAL MICROBIOME IN REINDEER DURING NECROBACTERIOSIS

Laishev K.A.<sup>1</sup>\*, Doctor of Veterinary Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher (ORCID 0000-0003-2490-6942), Ilyina L.A.<sup>2</sup>, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher (ORCID 0000-0003-2789-4844), Yuzhakov A.A.<sup>1</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-0633-4074)

1- St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, layshev@mail.ru

2- Biotrof+ LTD, St. Petersburg

#### ABSTRACT

Reindeer are a unique animal species that have adapted to the harsh Arctic conditions. Adaptive features of the structure of the gastrointestinal tract of reindeer allows you to eat actively digest and assimilate lichens,



foliage, shrubs, snowy greens. Along with beneficial microflora, pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms live in the reindeer rumen. The purpose of our research is to study and compare the features of the rumen microbiome in healthy and sick reindeer with necrobacteriosis. The subject of the study was samples of cicatricial contents taken from 38 reindeer (*Rangifer tarandus*) of the Nenets breed of different age groups. Microbiome studies were performed by NGS sequencing on the MiSeq next generation sequencing platform (Illumina, USA) using primers for the V3-V4 region of 16S rRNA.

Based on the studies, it was possible to establish that the microbiome of the reindeer rumen in summer and winter is characterized by certain differences. During the summer grazing period, the presence of a greater number of pathogenic bacteria such as *Fusobacterium sp.*, *Parvimonas sp.* and *Porphyromonas endodontalis*, while in the spectrum of pathogenic microorganisms, bacteria of the genus *Fusobacterium*, which are considered the main infectious agent in necrobacteriosis, were most often isolated. In the same period, the presence of bacteria of the genus *Sharpea*, belonging to the phylum *Erysipelotrichaceae*, which ferment sugars with the formation of lactic acid and can cause the development of lactic acidosis, was established in deer rumen samples. In calves, during the disease, the number of chytridiomycete fungi, which are involved in the fermentation of polysaccharides, decreases.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Забродин В.А., Лайшев К.А., Белова Л.М., Логинова О.А., Савельев Д.В., Лайшев А.Х., Климонтов М.И., Мицкевич В.Ю., Силков А.М. Болезни северных оленей Санкт-Петербург - Пушкин.- 2019. - 270 с.
2. Ilna L.A., Filippova V.A., Brazhnik E.A., Dubrovin A.V., Yildirim E.A., Dunyashev T.P., Laptev G.Y., Novikova N.I., Sobolev D.V., Yuzhakov A.A., Laishev K.A. The comparative analysis of the ruminal bacterial population in reindeer (*Rangifer tarandus* L.) from the Russian Arctic zone: regional and seasonal effects //Animals.- 2021.- T. 11. № 3. С. 1-18.
3. Ильина Л.А.; Лайшев К.А., Лаптев Г.Ю.; Никонов И.Н., Зайцев С.Ю. Молекулярно-генетический подход к оценке микробного сообщества рубца северного оленя //Ветеринария, зоотехния и биотехнология.- 2017.- № 9. - С. 45-50.
4. Прокудин А.В., Лайшев К.А. Актуальная эпизоотология инфекционных болезней домашних северных оленей полуострова Таймыр: некробактериоз // Иппология и ветеринария.- 2019.- № 4.- С. 26-30.
5. Маслова Е.Н., Куртеков В.А. Анализ заболеваемости некробактериозом северных оленей в условиях ЯНАО Тазовского района //Научная жизнь.- 2018.- №11.- С. 104-110.
6. Плохова А.А. Эпизоотическая ситуация и разработка научно обоснованной системы ветеринарно-санитарных мероприятий по борьбе с некробактериозом северных оленей в Российской Федерации: Автореф. дис. канд. ветеринар. наук, Щелково.- 2007. - 26 с.
7. Самандас А.М. Оптимизация системы защиты северных оленей от гнуса, оводов и некробактериоза на Крайнем Севере: Автореф. дис. д-ра ветер. наук, СПб.- 2011. - 47 с.
8. Маслухин Б.В и Маслухина А. Г О носительстве северными оленями возбудителя некробациллеза и культурно-биохимических свойствах бактерий некроза, выделенных из рубца // Тр. НИИСХ Крайнего Севера,- 1971.- Т. 19.- С. 34-49.
9. Самойлов С.Г. Эпизоотологическое обоснование и оптимизация лечебно-профилактических мероприятий при некробактериозе северных оленей: Автореф дис. канд. ветеринар. наук.- Новосибирск, 2006. - 18 с.
11. Nocek, J. E. Bovine acidosis: implications on laminitis. J. Dairy Sci., 1997, 80: 1005-1028
12. Oliveros, J.C. Venny. An interactive tool for comparing lists with Venn's diagrams. 2015 [https:// bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/index.html](https://bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/index.html)
13. Smith, G. R., Till, D., Wallace, L. M.,



Noakes, D. E. Enhancement of the infectivity of *Fusobacterium necrophorum* by other bacteria. *Epidemiol. Infect.*- 1989.- 102(3): 447-458.

14. Sundset M. A., Præsteng, K. E., Cann, I. K. O., Mathiesen, S. D., Mackie, R. I., Novel rumen bacterial diversity in two geographically separated sub-species of reindeer // *Microbial. Ecol.*, 2007, 54(3), 424–438.

## REFERENCES

1. V. A. Zabrodin, K. A. Laishev, L. M. Belova, O. A. Loginova, D. V. Saveliev, A. Kh. Laishev, M. I. Klimontov, and V. Yu. Silkov A.M. Reindeer diseases St. Petersburg - Pushkin. - 2019. - 270 p. (In Russ.)

2. Ilina L.A., Filippova V.A., Brazhnik E.A., Dubrovin A.V., Yildirim E.A., Dunyashev T.P., Laptev G.Y., Novikova N.I., Sobolev D.V., Yuzhakov A.A., Laishev K.A. The comparative analysis of the ruminal bacterial population in reindeer (*Rangifer tarandus* L.) from the Russian Arctic zone: regional and seasonal effects // *Animals*.- 2021.- V. 11. No. 3. P. 1-18.

3. Ilyina L.A.; Laishev K.A., Laptev G.Yu.; Nikonov I.N., Zaitsev S.Yu. Molecular genetic approach to assessing the microbial community of the reindeer rumen // *Veterinary science, zootechnics and biotechnology*. - 2017. - No. 9. - P. 45-50. (In Russ.)

4. Prokudin A.V., Laishev K.A. Actual epizootology of infectious diseases of domestic reindeer of the Taimyr Peninsula: necrobacteriosis // *Hippology and veterinary medicine*.- 2019.- No. 4.- P. 26-30. (In Russ.)

5. Maslova E.N., Kurtekov V.A. Analysis of the incidence of necrobacteriosis in reindeer in the conditions of the YaNAO of the Tazovsky district // *Nauchnaya zhizn*.- 2018.- No. 11.- P. 104-110. (In Russ.)

6. Plokhova A.A. Epizootic situation and development of a scientifically based system of veterinary and sanitary measures to combat reindeer necrobacteriosis in the Russian Federation: Abstract of the thesis. dis. cand. vet. Sciences, Shchelkovo. - 2007. - 26 p. (In Russ.)

7. Samandas A.M. Optimization of the reindeer protection system from midges, gadflies and necrobacteriosis in the Far North: Abstract of the thesis. dis. Dr. vet. Sciences, St. Petersburg - 2011. - 47 p.

8. Maslukhin, B.V. and Maslukhina, A.G., On the Carriage of Necrobacillosis Causative Agent by Reindeer and Cultural and Biochemical Properties of Necrosis Bacteria Isolated from Rumen, *Tr. Research Institute of Agriculture of the Far North*, - 1971.- T. 19.-S. 34-49.

9. Samoilov S.G. Epizootic substantiation and optimization of therapeutic and prophylactic measures for reindeer necrobacteriosis: Abstract of the thesis. cand. vet. Sciences. - Novosibirsk, 2006. - 18 p.

11. Nocek, J. E. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.*, 1997, 80: 1005-1028

12. Oliveros, J.C. Venny. An interactive tool for comparing lists with Venn's diagrams. 2015 [https:// bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/index.html](https://bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/index.html)

13. Smith, G. R., Till, D., Wallace, L. M., Noakes, D. E. Enhancement of the infectivity of *Fusobacterium necrophorum* by other bacteria. *epidemiol. Infect.*- 1989.- 102(3): 447-458.

14. Sundset M. A., Præsteng, K. E., Cann, I. K. O., Mathiesen, S. D., Mackie, R. I., Novel rumen bacterial diversity in two geographically separated sub-species of reindeer, *Microbial. Ecol.*, 2007, 54(3), 424–438.

УДК: 636.22, 636.28, 615.32  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.25

## ВЛИЯНИЕ ФИТОХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА СИГНАЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЫ СИСТЕМЫ «QUORUM SENSING» У БАКТЕРИЙ

**Власенко Л.В.\*** – к.б.н., научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в животноводстве ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, ORCID 0000-0002-3790-2783, **Атландрова К.Н.** – к.б.н., научный сотрудник испытательного центра ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, ORCID 0000-0003-3977-4831, **Дускаев Г.К.** – д.б.н., ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, ORCID 0000-0002-9015-8367, **Шошин Д.Е.** – магистр, лаборант-исследователь центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, ORCID 0000-0003-3086-681X.

ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН)

**Ключевые слова:** рубцовая жидкость, фитохимические вещества, биолуминесценция, ингибиторы QS, сигнальные молекулы.

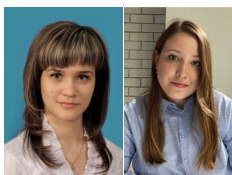
**Keywords:** ruminal fluid, phytochemicals, bioluminescence, inhibitor QS, signal molecules.

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-76-10008).

Поступила: 14.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Система межклеточной коммуникации необходима бактериям для координации взаимодействий между собой и с высшими организмами. Она регулирует ряд свойств микроорганизмов, в том числе патогенность и устойчивость к антибиотикам. Поэтому изучение способов воздействия на данную систему представляется критически значимым. Особое место в подобном контексте занимают растения и их метаболиты (фитохимические вещества), обладающие способностью ингибировать систему межклеточной коммуникации в бактериальных сообществах. Исследования с использованием рубцовой жидкости крупного рогатого скота могут приблизить к пониманию способов регуляции данного процесса в рубце животных. Целью работы стала оценка возможного влияния фитохимических веществ (коричный альдегид, кверцетин, кумарин, ванилин) на сигнальные молекулы системы «Quorum sensing» бактерий (на примере рекомбинантного люминесцирующего биосенсора *Escherichia coli pAL103*) в присутствии рубцовой жидкости крупного рогатого скота. Установлено, что рубцовая жидкость в концентрации 12,5% не оказывала влияния на уровень свечения биосенсора. Для всех исследуемых фитохимических веществ зафиксирована способность ингибировать процесс межклеточной коммуникации (путем связывания сигнальных молекул), что выражалось в значительном снижении биолуминесценции тест-штамма *E. coli pAL103*. При этом наиболее выраженное изменение уровня свечения биосенсора детектировали при совместном действии рубцовой жидкости с коричневым альдегидом, мень-

шее – при влиянии рубцовой жидкости с кумарином, ванилином или кверцетином. Полученные результаты расширяют представления о действии фитохимических веществ, что может быть востребовано при составлении рациона крупного рогатого скота и позволит контролировать активность патогенных бактерий у животных, путем подавления системы межклеточной коммуникации.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

У многих зоопатогенных и фитопатогенных бактерий развитие инфекционного процесса регулируется с помощью системы «Quorum sensing» (QS), контролирующей экспрессию определенных генов в ответ на присутствие сигнальных молекул – аутоиндукторов (АИ) [1]. Для грамотрицательных бактерий характерно использование ацилированных гомосеринлактонов (АГЛ) [2]. Изучение механизмов регуляции системы QS представляет значительный интерес. Последние годы обогатили представления о соединениях, способных подавлять QS, то есть обладающих кворум-ингибирующей активностью [3, 4]. При этом особое место в данном контексте занимают фитохимические вещества [5].

Долгое время считалось, что подобные соединения безопасны в отношении макроорганизмов [1]. Так, например, описано положительное влияние экстракта *Eucalyptus viminalis* на продуктивные качества птицы [6]. Однако установлено, что данные растения также могут проявлять токсическое действие в отношении бактериальных клеток и других организмов [7]. Поэтому их использование в медицине и ветеринарии требует более детального изучения [2].

Микробиом рубца жвачных животных представляет собой большое разнообразие бактерий, некоторые из которых способны продуцировать АГЛ [8]. Состав корма и различные кормовые добавки предположительно могут оказывать влияние на молекулы АГЛ бактерий [9]. Поэтому определение действия фитохимических веществ на рубцовую жидкость представляется критически важным при исследовании межклеточных взаимодействий в рубце животных.

В связи с этим, целью работы стало определение влияния фитохимических веществ на сигнальные молекулы систе-

мы QS у бактерий (на примере рекомбинантного люминесцирующего биосенсора *Escherichia coli pAL103*) в присутствии рубцовой жидкости крупного рогатого скота.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

В работе использован созданный на основе хозяйского штамма *E. coli* JLD271 рекомбинантный биосенсор *E. coli pAL103*, несущий плазмиду *pAL103* с геном *LuxR Vibrio fischeri* и *luxCDABE*-генами *Photobacterium luminescens*, экспрессия которых увеличивается в присутствии

N-(оксогексаноил)-L-ацилгомосеринлактона (С6-оксо-АГЛ), что выражается в развитии биолюминесценции. Биосенсор выращивали на LB-агаре (Sigma, США) в присутствии доксициклина при 37 °С, затем суточную культуру переносили в LB-бульон (Sigma, США) и подращивали на шейкере (37 °С; 120 минут).

С6-оксо-АГЛ (Cayman Chemicals, США) выступал в качестве аутоиндуктора.

Рубцовую жидкость перед проведением экспериментов подвергали центрифугированию (10 минут; 5000 об/мин).

Фитохимические вещества: коричный альдегид (trans-cinnamaldehyde; C80687), кверцетин (quercetin hydrate; 337951), кумарин (coumarin; C4261) и ванилин (vanillin; V1104) были предоставлены Sigma-Aldrich.

Способность ингибировать активность аутоиндуктора оценивали в процессе инкубирования в планшете FluoroNunc (Thermo Fisher Scientific, США) рубцовой жидкости, С6-оксо-АГЛ, исследуемых фитохимических веществ и суспензии биосенсора *E. coli pAL103*. Измерение интенсивности биолюминесценции проводили с использованием микропланшетного ридера Infinite 200 (Tecan, Ав-

стрия), в котором в течении 60 минут (с интервалом 5 минут) при 37 °С осуществляли регистрацию интенсивности свечения, оценивая ее относительными единицами биолюминесценции (англ. – relative light units; RLU).

Биолюминесцентный индекс (БЛИ) рассчитывали как отношение RLU в опытной пробе на RLU в контроле (отдельно для 0-ой и 60-ой минут измерения), а процент ингибирования АГЛ – как отношение RLU в опытной пробе (с исследуемым веществом) к RLU в контроле (без исследуемого вещества).

Экспериментальные исследования выполнены в 3-х повторностях. Расчеты проведены с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel (Microsoft Corporation, США).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Биосенсор *E. coli pAL103* демонстрировал достаточный фоновый уровень биолюминесценции с исходным значением  $RLU=47381\pm1463$ . Нативная рубцовая жидкость значительно ингибировала свечение биосенсора, что вероятнее всего объясняется особенностями окрашивания и мутностью исследуемой суспензии, а также проявлением токсических свойств в отношении бактериальных клеток (рис. 1). Разведение рубцовой жидкости вело к уменьшению проявления подобного действия, при этом пороговая концентрация, не вызывающая изменение уровня биолюминесценции биосенсора по сравнению с контролем, составила 12,5 %.

Дальнейшие исследования были проведены с использованием установленной концентрации рубцовой жидкости, к которой добавляли фитохимические вещества (коричный альдегид, кверцетин, кумарин и ванилин) и С6-оксо-АГЛ в концентрациях  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  М. В качестве контроля выступала 12,5 % суспензия рубцовой жидкости, при которой уровень свечения биосенсора *E. coli pAL103* составлял  $48320\pm991$  RLU при концентрации АИ  $10^{-5}$  М и  $49475\pm891$  RLU при концентрации АИ  $10^{-6}$  М. При этом способность к ингибированию АГЛ была

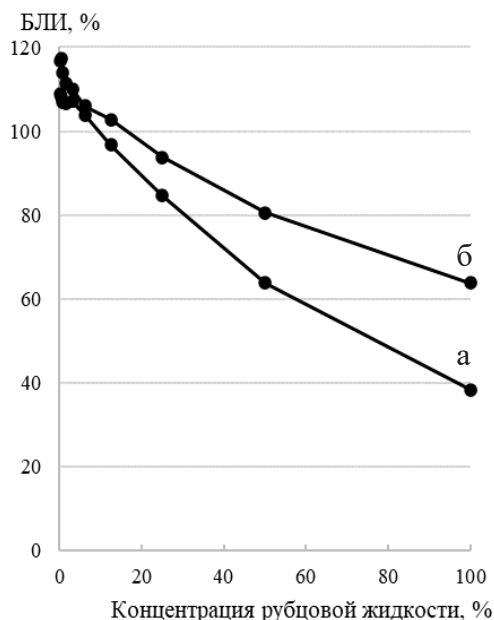


Рис. 1. Зависимость БЛИ биосенсора *Escherichia coli pAL103* от концентрации рубцовой жидкости.

Обозначения: а – 0-ая минута контакта, б – 60-ая минута контакта.

оценена как результат действия фитохимических веществ, что согласуется с описанными ранее данными [9].

Сочетанное действие рубцовой жидкости с коричным альдегидом продемонстрировало наиболее выраженное изменение уровня свечения биосенсора. Так, в максимальной концентрации АИ  $10^{-5}$  М наблюдалось усиление ингибирования сигнальных молекул на 56,6 %, что соответствовало значениям  $20983\pm516$  RLU, а при концентрации С6-оксо-АГЛ  $10^{-6}$  М – 57,3 % с  $RLU=21100\pm633$  (таблица 1).

При совместном действии рубцовой жидкости и кумарина также наблюдалось снижение уровня биолюминесценции *E. coli pAL103*. При концентрации С6-оксо-АГЛ  $10^{-5}$  М зафиксированы значения  $RLU=33565\pm1000$  (связывание 30,5 %), а при  $10^{-6}$  М –  $RLU=33445\pm925$  (связывание 32,4 % сигнальных молекул).

Кверцетин и ванилин в сочетании с рубцовой жидкостью демонстрировали схожие результаты. Так, действие кверцетина привело к снижению свечения биосенсора до значения  $RLU=39715 \pm 1015$  при концентрации С6-оксо-АГЛ  $10^{-5}$  М (17,8 % ингибирования сигнальных молекул) и  $RLU=40481 \pm 873$  при концентрации С6-оксо-АГЛ  $10^{-6}$  М (18,2 % связывания

сигнальных молекул). В свою очередь действие ванилина незначительно влияло на свечение биосенсора, что выражалось в связывании 19,5 % и 20,1 % сигнальных молекул и соответствовало значениям  $RLU=38917 \pm 937$  при концентрации АИ  $10^{-5}$  М и  $RLU=39545 \pm 1062$  при концентрации АИ  $10^{-6}$  М.

Таблица 1

**Процент ингибирования люминесценции *Escherichia coli* pAL103 при контакте с рубцовой жидкостью, С6-оксо-АГЛ и фитохимическими веществами**

| Концентрация С6-оксо-АГЛ | Исследуемые вещества |         |           |         |
|--------------------------|----------------------|---------|-----------|---------|
|                          | Коричный альдегид    | Кумарин | Кверцетин | Ванилин |
| $10^{-5}$                | 56,6 %               | 30,2 %  | 17,8 %    | 19,5 %  |
| $10^{-6}$                | 57,3 %               | 32,4 %  | 18,2 %    | 20,1 %  |

#### ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION

По результатам исследования установлено, что фитохимические вещества обладают способностью связывать сигнальные молекулы системы QS у бактерий (на примере *E. coli* pAL103). При этом наибольший эффект зарегистрирован при использовании коричневого альдегида, меньший – кумарина, ванилина и кверцетина, что скорее всего связано с разной биологической активностью (токсичностью) самих веществ [7], в том числе в отношении патогенных бактерий человека. Так, имеются данные об антибактериальном действии коричневого альдегида, что выражалось в ингибировании роста штаммов *Helicobacter pylori* и не сопровождалось развитием резистентности к исследуемому соединению [10]. Доступной информации о влиянии исследуемых фитохимических веществ на микроорганизмы желудочно-кишечного тракта животных недостаточно, но детально описано наличие кворум-ингибирующих свойств. Так, например, установлено, что коричный альдегид способен значительно снижать выработку АГЛ, пигмента пиоцианина у *Pseudomonas aeruginosa* [11] и ингибировать образование биопленки у *P. aeruginosa* [12]. Анти-QS активность кумарина, а именно активность против АГЛ с разной

длинной цепи, описана в отношении нескольких патогенных штаммов бактерий, в том числе *Serratia marcescens*, *Chromobacterium violaceum* и *Agrobacterium tumefaciens* [13]. Доказано ингибирующее действие кумарина на образование биопленки *P. aeruginosa* и биосинтез пигмента виолацеина *C. violaceum* [14]. В свою очередь при действии кверцетина описано снижение экспрессии генов вирулентности *Staphylococcus aureus*, а также выработки пигмента виолацеина *C. violaceum* и пиоцианина *P. aeruginosa*. В доступной литературе имеются данные об ингибировании ванилином QS-зависимого биосинтеза пигмента виолацеина *C. violaceum* и образования биопленок *Aeromonas hydrophila* [5].

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Полученные данные о способности фитохимических веществ (коричного альдегида, кверцетина, кумарина и ванилина) путем связывания сигнальных молекул ингибировать систему QS, могут быть в будущем использованы для корректировки рациона крупного рогатого скота с целью регуляции системы межклеточной коммуникации бактерий, заселяющих рубец жвачных животных.

**INFLUENCE OF PHYTOCHEMICALS ON SIGNAL MOLECULES OF THE «QUORUM SENSING» OF BAC-**



## TERIA

**Vlasenko L.V.** \* – Candidate of biological sciences, Researcher, Laboratory of Breeding and Genetic Research in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, **Atlanderova K.N.** – Candidate of biological sciences, Researcher, Testing Centre, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, **Duskaev G.K.** – Doctor of biological sciences, Leading Researcher, Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, **Shoshin D.E.** – Master, Laboratory Researcher of the Centre for Nanotechnologies in Agriculture, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences.

\*lv.efremova@yandex.ru

**Acknowledgments:** The study was supported by the Russian Science Foundation (Project No. 22-76-10008).

## ABSTRACT

The system of cell–cell communication of bacteria is necessary for bacteria to coordinate interactions between themselves and with higher organisms. It regulates a number of properties of microorganisms, including pathogenicity and resistance to antibiotics. Therefore, the study of methods of influencing this system seems to be critically important. A special place in this context is occupied by plants and their metabolites (phytochemicals), which have the ability to inhibit the system of cell–cell communication in bacterial communities. Studies using bovine ruminal fluid can lead to an understanding of how this process is regulated in the rumen. The aim of the work was to evaluate the possible effect of phytochemicals (trans-cinnamaldehyde, quercetin, coumarin, vanillin) on the signal molecules of the "Quorum sensing" system of bacteria (for example, the recombinant luminescent biosensor *Escherichia coli pAL103*) in the presence of ruminal fluid of cattle. It was found

that the scar fluid at a concentration of 12,5 % did not affect the level of biosensor luminescence. For all studied phytochemicals, the ability to inhibit the process of cell–cell communication (by binding signal molecules) was recorded, which was expressed in a significant decrease in the bioluminescence of the *E. coli pAL103* test strain. At the same time, the most pronounced change in the level of biosensor luminescence was detected under the combined action of rumen fluid with trans-cinnamaldehyde, and the smallest change was detected under the influence of ruminal fluid with coumarin, vanillin, or quercetin. The results obtained expand the understanding of the action of phytochemicals, which can be in demand when compiling the diet of cattle and will allow controlling the activity of pathogenic bacteria in animals by suppressing the system of cell–cell communication.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Defoirdt, T. Quorum-Sensing Systems as Targets for Antivirulence Therapy / T. Defoirdt // Trends Microbiol. – 2018. – Vol. 26. – No. 4. – P. 313-328. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29132819/>
2. LaSarre, B. Exploiting Quorum Sensing To Confuse Bacterial Pathogens / B. LaSarre, M.J. Federle // Microbiol Mol Biol Rev. – 2013. – Vol. 77. – No. 1. – P. 73-111. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23471618/>
3. Hayat, S. Quorum quenching: role of nanoparticles as signal jammers in Gram-negative bacteria / S. Hayat, S. Muzammil, Shabana, B. Aslam, M.H. Siddique, M. Saqalein, M.A. Nisar // Future Microbiol. – 2019. – Vol. 14. – P. 61-72. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30539663/>
4. Deryabin, D. Plant-Derived Inhibitors of AHL-Mediated Quorum Sensing in Bacteria: Modes of Action / D. Deryabin, A. Galadzhieva, D. Kosyan, G. Duskaev // Int J Mol Sci. – 2019. – Vol. 20. – No. 22. – P. 5588. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31717364/>
5. Ta, C.A.K. Mini Review of Phytochemicals and Plant Taxa with Activity as Microbial Biofilm and Quorum Sensing Inhibi-

- tors / C.A.K. Ta, J.T. Arnason // *Molecules*. – 2015. – Vol. 21. – No. 1. – doi: 10.3390/molecules21010029. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26712734/>
6. Duskaev, G.K. *Eucalyptus viminalis* leaf extract alters the productivity and blood parameters of healthy broiler chickens / G.K. Duskaev, O.V. Kvan, Sh.G. Rakhmatullin // *Vet. World*. – 2020. – Vol. 13. – No. 12. – P. 2673-2680. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33487986/>
7. Duskaev, G.K. Assessment of (*In vitro*) toxicity of quorum-sensing inhibitor molecules of *Quercus cortex* / G.K. Duskaev, D.G. Deryabin, I.F. Karimov, D.B. Kosyan, S.V. Notova // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2018. – Vol. 10. – No. 1. – P. 91-95. Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/322939864\\_Assessment\\_of\\_In\\_vitro\\_toxicity\\_of\\_quorum-sensing\\_inhibitor\\_molecules\\_of\\_Quercus\\_cortex](https://www.researchgate.net/publication/322939864_Assessment_of_In_vitro_toxicity_of_quorum-sensing_inhibitor_molecules_of_Quercus_cortex)
8. Edrington, T.S. Acyl-Homoserine-Lactone Autoinducer in the Gastrointestinal Tract of Feedlot Cattle and Correlation to Season, *E. Coli* O157:H7 Prevalence, and Diet / T.S. Edrington R. L. Farrow, V. Sperandio, D.T. Hughes, T.E. Lawrence, T.R. Callaway, R.C. Anderson, D.J. Nisbet // *Curr Microbiol.* – 2009. – Vol. 58. – P. 227-232. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18982388/>
9. Каримов, И.Ф. Влияние растительных веществ на сигнальные молекулы quorum sensing (исследование *in vitro*) / И.Ф. Каримов, Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2018. – Т. 101. – С. 7-14. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rastitelnyh-veschestv-na-signalnye-molekuly-quorum-sensing-issledovanie-in-vitro>
10. Ali, S.M. Antimicrobial activities of Eugenol and Cinnamaldehyde against the human gastric pathogen *Helicobacter pylori* / S.M. Ali, A.A. Khan, I. Ahmed, M. Musaddiq, K.S. Ahmed, H. Polasa, L.V. Rao, C.M. Habibullah, L.A. Sechi, N. Ahmed // *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* – 2005. – Vol. 4. – P. 20. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16371157/>
11. Chang, C-Y. Non-antibiotic quorum sensing inhibitors acting against N-acyl homoserine lactone synthase as druggable target / C-Y. Chang, T. Krishnan, H. Wang, Y. Chen, W-F. Yin, Y-M. Chong, L.Y. Tan, T.M. Chong, K-G. Chan // *Sci Rep*. – 2014. – Vol. 4. – P. 7245. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25430794/>
12. Ahmed, S.A.K.S. Natural quorum sensing inhibitors effectively downregulate gene expression of *Pseudomonas aeruginosa* virulence factors / S.A.K.S. Ahmed, M. Rudden, T.J. Smyth, J.S.G. Dooley, R. Marchant, I.M. Banat // *Appl Microbiol Biotechnol*. – 2019. – Vol. 103. – No. 8. – P. 3521-3535. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30852658/>
13. Gutiérrez-Barranquero, J.A. Deciphering the role of coumarin as a novel quorum sensing inhibitor suppressing virulence phenotypes in bacterial pathogens / J.A. Gutiérrez-Barranquero, F.J. Reen, R.R. McCarthy, F. O'Gara // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2015. – Vol. 99. – P. 3303-3316. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25672848/>
14. D'Almeida, R.E. Comparison of seven structurally related coumarins on the inhibition of Quorum sensing of *Pseudomonas aeruginosa* and *Chromobacterium violaceum* / R.E. D'Almeida, R.D.I. Molina, C.M. Viola, M.C. Luciarci, C.N. Peñalver, A. Bardón, M.E. Arena // *Bioorg Chem.* – 2017. – Vol. 73. – P. 37-42. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28599132/>

## REFERENCES

1. Defoirdt, T. Quorum-Sensing Systems as Targets for Antivirulence Therapy / T. Defoirdt // *Trends Microbiol.* – 2018. – Vol. 26. – No. 4. – P. 313-328. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29132819/>
2. LaSarre, B. Exploiting Quorum Sensing To Confuse Bacterial Pathogens / B. LaSarre, M.J. Federle // *Microbiol Mol Biol Rev.* – 2013. – Vol. 77. – No. 1. – P. 73-111. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23471618/>
3. Hayat, S. Quorum quenching: role of nanoparticles as signal jammers in Gram-

- negative bacteria / S. Hayat, S. Muzammil, Shabana, B. Aslam, M.H. Siddique, M. Saqalein, M.A. Nisar // *Future Microbiol.* – 2019. – Vol. 14. – P. 61-72. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30539663/>
4. Deryabin, D. Plant-Derived Inhibitors of AHL-Mediated Quorum Sensing in Bacteria: Modes of Action / D. Deryabin, A. Galadzhieva, D. Kosyan, G. Duskaev // *Int J Mol Sci.* – 2019. – Vol. 20. – No. 22. – P. 5588. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31717364/>
5. Ta, C.A.K. Mini Review of Phytochemicals and Plant Taxa with Activity as Microbial Biofilm and Quorum Sensing Inhibitors / C.A.K. Ta, J.T. Arnason // *Molecules.* – 2015. – Vol. 21. – No. 1. – doi: 10.3390/molecules21010029. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26712734/>
6. Duskaev, G.K. *Eucalyptus viminalis* leaf extract alters the productivity and blood parameters of healthy broiler chickens / G.K. Duskaev, O.V. Kvan, Sh.G. Rakhmatullin // *Vet. World.* – 2020. – Vol. 13. – No. 12. – P. 2673-2680. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33487986/>
7. Duskaev, G.K. Assessment of (*In vitro*) toxicity of quorum-sensing inhibitor molecules of *Quercus cortex* / G.K. Duskaev, D.G. Deryabin, I.F. Karimov, D.B. Kosyan, S.V. Notova // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research.* – 2018. – Vol. 10. – No. 1. – P. 91-95. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322939864\\_Assessment\\_of\\_In\\_vitro\\_toxicity\\_of\\_quorum-sensing\\_inhibitor\\_molecules\\_of\\_Quercus\\_cortex](https://www.researchgate.net/publication/322939864_Assessment_of_In_vitro_toxicity_of_quorum-sensing_inhibitor_molecules_of_Quercus_cortex)
8. Edrington, T.S. Acyl-Homoserine-Lactone Autoinducer in the Gastrointestinal Tract of Feedlot Cattle and Correlation to Season, *E. Coli* O157:H7 Prevalence, and Diet / T.S. Edrington R. L. Farrow, V. Sperandio, D.T. Hughes, T.E. Lawrence, T.R. Callaway, R.C. Anderson, D.J. Nisbet // *Curr Microbiol.* – 2009. – Vol. 58. – P. 227-232. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18982388/>
9. Karimov, I.F. Effect of plant matter on quorum sensing signal molecules (*in vitro* studies) / I.F. Karimov, G.K. Duskaev, G.I. Levakhin // *Animal Husbandry and Fodder Production.* – 2018. – Vol. 101. – P. 7-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rastitelnyh-veschestv-na-signalnye-molekuly-quorum-sensing-issledovanie-in-vitro>
10. Ali, S.M. Antimicrobial activities of Eugenol and Cinnamaldehyde against the human gastric pathogen *Helicobacter pylori* / S.M. Ali, A.A. Khan, I. Ahmed, M. Musaddiq, K.S. Ahmed, H. Polasa, L.V. Rao, C.M. Habibullah, L.A. Sechi, N. Ahmed // *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* – 2005. – Vol. 4. – P. 20. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16371157/>
11. Chang, C-Y. Non-antibiotic quorum sensing inhibitors acting against N-acyl homoserine lactone synthase as druggable target / C-Y. Chang, T. Krishnan, H. Wang, Y. Chen, W-F. Yin, Y-M. Chong, L.Y. Tan, T.M. Chong, K-G. Chan // *Sci Rep.* – 2014. – Vol. 4. – P. 7245. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25430794/>
12. Ahmed, S.A.K.S. Natural quorum sensing inhibitors effectively downregulate gene expression of *Pseudomonas aeruginosa* virulence factors / S.A.K.S. Ahmed, M. Ruden, T.J. Smyth, J.S.G. Dooley, R. Marchant, I.M. Banat // *Appl Microbiol Biotechnol.* – 2019. – Vol. 103. – No. 8. – P. 3521-3535. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30852658/>
13. Gutiérrez-Barranquero, J.A. Deciphering the role of coumarin as a novel quorum sensing inhibitor suppressing virulence phenotypes in bacterial pathogens / J.A. Gutiérrez-Barranquero, F.J. Reen, R.R. McCarthy, F. O’Gara // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2015. – Vol. 99. – P. 3303-3316. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25672848/>
14. D’Almeida, R.E. Comparison of seven structurally related coumarins on the inhibition of Quorum sensing of *Pseudomonas aeruginosa* and *Chromobacterium violaceum* / R.E. D’Almeida, R.D.I. Molina, C.M. Viola, M.C. Luciardi, C.N. Peñalver, A. Bardón, M.E. Arena // *Bioorg Chem.* – 2017. – Vol. 73. – P. 37-42. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28599132/>

УДК: 619:579.842.14:632.682  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.32

## МЕТАПРОФИЛАКТИКА САЛЬМОНЕЛЛЕЗА В ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ОБЗОР

Лаишевцев А.И. \* <sup>1,2</sup> – к.б.н., заведующий лабораторией (ORCID 0000-0002-5050-2274), Капустин А.В. <sup>2</sup> – д. биол. н, доцент, заместитель директора (ORCID 0000-0003-0136-2487), Смирнов Д.Д. <sup>1,2</sup> – к.в.н., научный сотрудник (ORCID 0000-0003-23-44-3755), Пименов Н.В. <sup>1,3</sup> – д.б.н., профессор, заведующий кафедрой (ORCID 0000-0003-1658-1949), Лелев С.В. <sup>4</sup> – к.б.н., ведущий научный сотрудник (ORCID 0000-0002-0049-3728).

<sup>1</sup> ООО «ЦБО Микроэкологии» (Evolink)

<sup>2</sup> Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

<sup>3</sup> Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

<sup>4</sup> Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Москва, Россия

\* a-laishevtsev@bk.ru

**Ключевые слова:** Salmonella spp., этиология, устойчивость к противомикробным препаратам, бактериофаги, профилактика, биодезинфекция.

**Key words:** Salmonella spp., etiology, antimicrobial drug resistance, bacteriophages, prevention, biodesinfection.

Поступила: 15.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Метапрофилактика направлена на предупреждение повторных возникновений вспышек и выделяемости возбудителя инфекционной болезни. Сальмонеллез продолжает оставаться серьезной угрозой птицеводству и конечному потребителю продуктов отрасли. Показатели заболеваемости сальмонеллезом населения в мире из года в год остаются стабильно высокими, несмотря на все усилия, которые предпринимаются медицинским сообществом. В первую очередь данное явление стоит ассоциировать с высоким уровнем контаминации пищевой продукции, в особенности, получаемой в птицеводческой отрасли. Это обуславливает стационарность инфекции и повторные возникновения эпизоотических очагов. Существующие данные эпизоотического и эпидемиологического контроля птицеводческих и перерабатывающих предприятий вероятно не отражают в полной мере объективную картину по сальмонеллезу. Решением проблемы могло бы стать введение национальных государственных программ по контролю, профилактике и борьбе с сальмонеллезом. Перспективы данного направления подчеркиваются рядом исследователей, находящихся в постоянном поиске более эффективных средств и способов борьбы с обозначенной патологией. Результаты исследований проведенные на базе ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН в рамках выполнения мониторинга демонстрируют расширение спектра нетрадиционных серова-

риантов сальмонелл циркулирующих на птицеводческих предприятиях РФ. Ввиду чего актуальность поиска и внедрения новых способов борьбы с сальмонеллезом повышается. Представленный обзор охватывает историю и таксономию бактерий рода *Salmonella*, факторы патогенности возбудителя, обуславливающие широкое распространение инфекции, передачу, этиопатогенез сальмонеллеза, механизмы устойчивости к антибактериальным препаратам и иные особенности, а также меры метапрофилактики сальмонеллезной инфекции, в т.ч. с использованием биодезинфектантов на основе бактериофагов.

## ВВЕДЕНИЕ/INTRODUCTION

Бактерии рода *Salmonella* могут считаться одними из наиболее важных патогенов, провоцирующих пищевые токсикоинфекции в мире. При этом, основным источником инфицирования человека являются продукты птицеводства (47 % источников сальмонеллеза у людей) (Center for Disease Control CDC, 2016; European Food Safety Authority EFSA, 2017, 2021). В Европейском союзе каждый год регистрируются свыше 85 000 случаев болезни, в Китае сальмонелла вызывает примерно 22 % болезней пищевого происхождения, а сальмонеллез занимает четвертое место среди наиболее распространенных заболеваний пищевого происхождения, вызываемых микробными агентами [1]. По данным Всероссийского государственного центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ВГНКИ), ежегодные мировые потери от сальмонеллез в мире оцениваются в \$1-3 млрд., включая медицинские расходы, убытки сельхозпроизводителей с учетом затрат на мониторинговые и профилактические исследования [2].

Данные Россельхознадзора за 2019-2022 гг. [3], в соответствии с которыми установлено неблагополучие нескольких десятков пунктов, говорят о спорадических случаях официальной регистрации инфекции в птицеводческих предприятиях РФ и, вероятно, не отражают истинных масштабов болезни. Проблема заключается в отсутствии национальной программы профилактики и контроля сальмонеллеза, где были бы закреплены обязательные производителем и государством меры к исполнению. Национальные государственные программы по контролю, профилактике и борьбе с сальмонеллезом

способствуют обеспечению биологической безопасности птицеводческой продукции, тем не менее, научное сообщество находится в постоянном поиске эффективных средств метапрофилактики сальмонеллеза, эрадикации возбудителя и элиминации инфекта из технологических объектов, систем и, соответственно, продукции птицеводства.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ/BODY

В ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН в рамках мониторинга инфекционных болезней сельскохозяйственных животных и птиц, в том числе ранее не описанных на территории РФ, в 2019 – 2021 гг. было исследовано 4009 проб патологического материала на птицеводческих предприятиях (паренхиматозные органы, объекты внешней среды, пробы бахил с пометом, корма, инкубационные отходы), из которых было выявлены следующие серовары *Salmonella* spp.: *Salmonella* London – 105 проб (2,6 %), *Salmonella* Takoradi – 35 проб (0,9 %), *Salmonella* Infantis – 33 пробы (0,8 %), *Salmonella* Enteritidis – 15 проб (0,4 %), *Salmonella* Nohanga – 12 проб (0,3 %), *Salmonella* Reading – 7 проб (0,2 %). Эти результаты проявляют расширяющийся спектр нетрадиционных серовариантов сальмонеллы в роли возбудителей.

Салмон и Смит впервые выделили *Bacillus Cholerae-suis*, ныне классифицированную как *Salmonella* Enterica, от свиней. Сальмонеллы относятся к семейству энтеробактерий (*Enterobacteriaceae*), роду сальмонелл (*Salmonella*), подразделяющемуся на два вида: энтерика (*enterica*) и бонгори (*bongori*), семь подвидов: I, II, IIIa, IIIb, IV, V и VI., объединяющих более 2500 сероваров, разделенных по набору соматических антигенов на 46 серогрупп. В 2005 году был классифицирован



третий вид – *S. subterranea*, но вскоре после этого было показано, что он не относится к роду *Salmonella* [4].

Сальмонеллы способны адаптироваться к условиям окружающей среды, которые значительно отличаются от их нормального диапазона роста. Некоторые штаммы способны расти при 54 °C, а некоторые – даже, при 2-4 °C. *Salmonella Enteritidis* может пережить высыхание и сохраняться в течение многих месяцев в ассоциации с частицами пыли на вентиляторах, полах и кормушках. Температура является наиболее важным фактором, определяющим скорость размножения бактерий. Большинство загрязненных яиц изначально содержит менее 1 клетки *Salmonella Enteritidis*/мл яичного желтка или белка. При температуре 15 °C популяции *Salmonella Enteritidis* в яичных желтках могут удваиваться каждые 3-4 ч. Быстрое охлаждение яиц до 7,2 °C может уменьшить миграцию *Salmonella Enteritidis* из белка через мембрану вителлина в питательный желток, где может происходить размножение *Salmonella Enteritidis* [5]. Сальмонелла может экспрессировать белки кислотного шока (RpoS-фактор, PhoPQ и Fur) для выживания при низком желудочно-кишечном pH и воздействии короткоцепочечных жирных кислот в кишечнике птицы, а также белки, ассоциированные с фимбрией (Fim, Lpf и Pef), чтобы облегчить адгезию бактерий к поверхности кишечных клеток хозяина [6].

Вирулентность патогенной *Salmonella* spp. ассоциируется как с хромосомными, так и с плазмидными генами. В бактериальной хромосоме имеются большие генные кассеты, называемые островками патогенности (SPIs), которые кодируют почти 60 генов, ответственных за специфические взаимодействия с организмом хозяина. Серотипы сальмонелл можно разделить на ограниченные хозяином, специфические для хозяина, и универсальные серотипы, что имеет важное значение для эпидемиологии и общественного здравоохранения. Специфические серотипы хозяина, например, серотипы Ss. Paratyphi A, Gallinarum biovars Gallinarum

и Pullorum, или Typhi вызывают заболевание только у одного вида хозяина. С другой стороны, ограниченные серотипы хозяина преимущественно ассоциированы с одним видом хозяина, но могут вызывать заболевания и у других видов. *Salmonella* Dublin, например, адаптирована к крупному рогатому скоту, но также были задокументированы инфекции у мелких жвачных животных, свиней и людей, а серотип *Choleraesuis* адаптирован к свиньям, но также был выделен из ряда других видов хозяев.

Общие серотипы, такие как *Salmonella* Typhimurium, обычно вызывают заболевание у широкого круга хозяев, хотя для некоторых подтипов был описан узкий диапазон хозяев, например, подтипы typhimurium DT2 и DT99 адаптированы только к голубям. Серотипы с широким и узким диапазоном хозяев, по-видимому, различаются по клиническим проявлениям, хотя другие факторы, такие как вид хозяина, возраст и сопутствующее заболевание, также влияют на клинические проявления. Инфекции с общими серотипами часто характеризуются высокой заболеваемостью, но низкой смертностью, а желудочно-кишечные симптомы являются преобладающим клиническим проявлением. Напротив, инфекции с адаптированными или ограниченными серотипами хозяина, такие как *Choleraesuis*, *Abortusequi*, *Gallinarum* biovar *Gallinarum* или *Gallinarum* biovar *Pullorum* обычно характеризуются низкой заболеваемостью и высокой смертностью, а системные заболевания являются распространенными [7].

Из более чем 2500 серотипов сальмонелл лишь небольшая часть (10 %) связана с коммерческой яичной и птицеводческой промышленностью [6]. Стада бройлеров относятся к числу основных резервуаров сальмонелл и являются важным средством передачи бактерий, поэтому употребление мяса птицы считается фактором риска развития сальмонеллезных инфекций у человека. Еще одним важным аспектом, связанным с передачей патогенов с пищей животного происхождения,

является высокая дисперсия антибиотикорезистентных штаммов. Использование антимикробных препаратов как в медицине человека, так и в ветеринарии способствует селективному давлению, благоприятствующему появлению резистентных штаммов и сужающему выбор доступных терапевтически эффективных препаратов.

Распространенность сероваров сальмонелл имеет вариабельность. *Salmonella* Minnesota считается одним из наиболее распространенных серотипов у кур-несушек в Чаде, а также на бройлерных фермах Бельгии. Однако он редко ответственен за вспышки сальмонеллеза человека во всем мире (EFSA, 2021). В противоположность этому, *Salmonella* Infantis является одним из распространенных серотипов, который регулярно исследуется в племенных стадах Европейского союза, поскольку он был вовлечен в вспышки сальмонеллеза в странах-членах (EFSA, 2014, 2019, 2022). В свою очередь *Salmonella* Heidelberg был включен в список 4 наиболее часто выделяемых серотипов у цыплят-бройлеров и людей в Соединенных Штатах с 1970 по 2009 год (CDC, 2013). Из-за многофакторной природы передачи сальмонелл в пищевой цепи часто не удается установить корреляцию между наиболее распространенными серотипами у домашней птицы и наиболее распространенными серотипами, вовлеченными в официально регистрируемый сальмонеллез человека. В последние два десятилетия *Salmonella* Enteritidis была преобладающим серотипом в стадах домашней птицы, мясе бройлеров и столовых яйцах. Однако уже несколько лет проявляется постепенное снижение частоты выделяемости *Salmonella* Enteritidis по сравнению с другими нетифоидными серотипами. В нашей стране мы наблюдаем пока тенденцию, а, например, в Бразилии отмечается уже преобладание. Это сокращение может быть следствием программ борьбы с сальмонеллой, осуществляемых птицеводческой промышленностью [8].

Считается, что, когда распространен-

ность одного серотипа падает, появляются другие серотипы и занимают его экологическую нишу. В Бельгии после внедрения вакцинации в рамках комплексной стратегии борьбы с *S. Enteritidis*, появилось несколько серотипов сальмонелл, занявших свою прежнюю экологическую нишу и впоследствии исчезнувших. В США наиболее часто идентифицируемыми сероварами, ассоциированными с инфекциями человека, являются *Salmonella* Enterica серовары Typhimurium, Enteritidis, Newport, Heidelberg [9]. Серовары первой половины прошлого века, такие как *Salmonella* Pullorum и *Gallinarum*, были успешно искоренены из сельскохозяйственной птицы (кур мясного и яичного направления продуктивности, индейки) в России, благодаря строгим исполнениям ветеринарного законодательства СССР (Мероприятия по профилактике и ликвидации заболевания кур и индеек пуллорозом-тифом), а именно исследованию птицы в ККРНГА с пуллорным антигеном, а в США с помощью таких программ, как NPIP (Национальный план улучшения птицеводства). Впоследствии, *Salmonella* Enteritidis стала преобладающим сероваром, колонизировав птиц [10]. Было выдвинуто несколько потенциальных объяснений появления *S. Enteritidis*, в том числе то, что, поскольку иммунитет стада к *Salmonella* Pullorum и *Salmonella* Gallinarum снизился после эрадикации, *Salmonella* Enteritidis заполнила свою экологическую нишу в коммерческой птице и размножилась в популяциях птиц [11]. Кроме того, математические модели показали, что *Salmonella* Gallinarum конкурентно исключала *Salmonella* Enteritidis у домашней птицы. *Salmonella* Gallinarum экспрессирует иммунодоминантный липополисахаридный антиген O9 на своих клеточных поверхностях, что, возможно, способствует исключению *Salmonella* Enteritidis. Это исключение может быть связано с повышенной способностью *Salmonella* Gallinarum колонизировать и/или выживать благодаря адаптивному иммунитету у домашней птицы [12].

Из-за существования нескольких по-

тенциальных источников инфицирования борьба с сальмонеллами на птицеводческих предприятиях является сложной задачей.

Комитет пищевой гигиены комиссии ФАО/ВОЗ «Кодекс Алиментариус» разработал Руководство по контролю кампилобактерий и отдельных видов сальмонелл в курином мясе с использованием трехуровневого подхода, а именно (см. таблицу 1):

- GMP (хорошая, надлежащая гигиеническая практика) включает биобезопасность, мойку и дезинфекцию;

- различные оперативные меры, которые основаны на количественной оценке уровня опасности, например, дезинфекция тушек в процессе переработки;

- меры, основанные на оценке риска или иной информации о риске [13].

**Таблица 1**  
**Различные подходы к биозащите в птицеводстве в системах разных стран**

| Показатель                                                   | Бразилия           | Япония  | Мексика | Нидерланды | Россия             | Швеция    | США                |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|---------|---------|------------|--------------------|-----------|--------------------|
| Годовое производство мяса птицы, т. *                        | 14914,6            | 2250,3  | 3338,4  | 1015,3     | 4543,0             | 1565,0    | 19568,0            |
| Обязательное тестирование на сальмонеллез племенной птицы    | да                 | нет     | нет     | да         | да                 | да        | нет                |
| Повторное использование подстилки у бройлеров**              | да                 | да      | нет     | нет        | нет                | нет       | да                 |
| Обязательный контроль кормов                                 | нет                | нет     | нет     | да         | да                 | да***     | нет                |
| Воздушное или водяное охлаждение тушек                       | в основном водяное | водяное | водяное | воздушное  | в основном водяное | воздушное | в основном водяное |
| Использование химических вспомогательных средств переработки | нет                | да      | да      | нет        | да                 | нет       | да                 |

\* данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО);

\*\* подстилка может быть использована повторно для следующих партий с обеззараживанием или без него;

\*\*\*включает обязательную термообработку.

Биозащиту следует рассматривать как базовый принцип профилактики сальмонеллеза, как страховую премию за более предсказуемое будущее. Оперативная биобезопасность включает в себя множество управленческих стратегий и рутинных процедур, направленных на предотвращение внедрения возбудителей инфекционных заболеваний и реализуемых на ежедневной основе. Меры биозащиты должны быть адаптированы к конкретным биологическим и физическим объектам и бизнес-операциям каждого производителя.

К факторам риска относятся следующие объекты: племенной материал, персонал, посетители, транспорт, корма (контаминация соевого шрота *Salmonella* spp. варьирует от 12 до 62 % [14]), вода, территория и птичники, представители дикой фауны (дикая и синантропная птица, летучие мыши, грызуны, насекомые, земноводные) перерабатывающие предприятия. Следует отметить, что грызуны, жуки-чернотелки, дикие и синантропные птицы являются основными резервуарами и источниками сальмонеллезной инфекции для птицы и позволяют сальмонелле выживать даже после очистки и дезинфекции птичников. Одна мышь может произвести более 100 фекальных гранул за 24 ч, и каждая фекальная гранула может содержать до 230 000 бактериальных клеток *Salmonella Enteritidis*. Теоретически одна зараженная мышь могла за один день поместить в курятник до 23 миллионов бактериальных клеток *Salmonella Enteritidis*. Мышиные фекальные гранулы темного цвета, размером с семя хорошо заметны на фоне желтого корма, и цыплята их активно потребляют [15].

Ограничение размножения сальмонеллы в кормах требует сохранения кормовых ингредиентов и готовых кормов сухими на всех стадиях производства и хранения. В условиях низкой активности воды клетки сальмонеллы в загрязненном корме остаются в вегетативном состоянии, и их численность существенно не увеличивается.

Уничтожение сальмонелл в корме осу-

ществляется путем добавления химических веществ или температурной обработки. Химические кормовые добавки, используемые для борьбы с сальмонеллами в кормах, обычно состоят из одной или нескольких органических кислот, формальдегида или комбинации органических кислот и формальдегида. Недиссоциированные органические кислоты проникают через липидные мембраны клеток сальмонелл и диссоциируют на ионы водорода и анионы органических кислот в цитоплазме бактерий. Ионы водорода подкисляют бактериальную цитоплазму, заставляя бактериальные клетки расходовать энергию на поддержание нейтрального pH, анионы органических кислот нарушают синтез ДНК и препятствуют репликации бактерий. После добавления в корм требуется от 24 до 48 ч. и более, прежде чем органические кислоты смогут оказать свое максимальное влияние на снижение численности сальмонелл. Защита корма может длиться несколько недель.

Пропионовая кислота и муравьиная кислота, как отдельно, так и в виде смешанной смеси, являются основными органическими кислотами, используемыми в кормах для борьбы с сальмонеллой. Показано, что муравьиная и пропионовая кислоты снижают содержание сальмонелл в загрязненных кормах через 24-72 ч., а также уменьшают колонизацию сальмонеллами кишечника и фекальное загрязнение у цыплят, потребляющих обработанный корм.

Формальдегид является дезинфицирующим средством, вызывающим необратимые поперечные связи белков в бактериях, и действует быстро, но не оказывает длительного антимикробного действия. Было обнаружено, что формальдегид в сочетании с органическими кислотами и терпенами более эффективен в снижении загрязнения кормов сальмонеллами, чем только органические кислоты [16].

Термообработанный гранулированный корм может снизить риск занесения сальмонеллы в птичий стада загрязненными кормовыми ингредиентами. Процесс гра-

нулирования включает кондиционирование (смешивание пара с кормом), гранулирование (прессование кондиционированного корма через металлические матрицы) и охлаждение (удаление тепла и влаги). Кондиционирование является наиболее эффективным шагом в уничтожении сальмонелл, в то время как тепло, создаваемое трением во время гранулирования, присутствует менее секунды и мало влияет на инактивацию сальмонелл. Эффективность термической обработки при деструкции бактериальных патогенов зависит от содержания влаги. Корм, изготовленный в форме гранул, должен иметь минимальное содержание влаги (14,5 %) перед гранулированием и должен подвергаться воздействию температуры 87,7 °C (или выше) или минимальной температуре 73,9 °C в течение не менее 20 мин. [17].

Применение про- и пребиотиков при сальмонеллезе следует рассматривать скорее, как патогенетическую терапию. Пробиотики – это препараты или продукты, содержащие жизнеспособные, определенные микроорганизмы в достаточном количестве, чтобы изменить микрофлору желудочно-кишечного тракта хозяина и, тем самым, оказать благотворное воздействие на здоровье. Пребиотики избирательно стимулируют рост или активность ограниченного числа бактерий в кишечном тракте. В большинстве случаев, это – олигосахариды, которые сопротивляются ферментативной деградации и всасыванию в верхних отделах желудочно-кишечного тракта до достижения слепой кишки, где они гидролизуются и ферментируются полезными бактериями, такими как бифидобактерии и лактобациллы [18]. Средства про- и пребиотиков и методы метапрофилактики на их основе пытаются манипулировать микробиотой в кишечнике, которая может обеспечить защиту от колонизации сальмонеллы несколькими способами: во-первых, производством антимикробных веществ (летучих жирных кислот, бактериоцинов или перекиси водорода; во-вторых, уменьшением доступности ниш для коло-

низации, конкурируя за места прикрепления на люминальной поверхности энтероцитов; в-третьих, конкуренцией за ограниченные питательные вещества и, наконец, - в стимуляции иммунной системы.

Пробиотики и пребиотики, однако, могут иметь ограниченный успех по разным причинам [19]. Так, при ограничении кормления перед убоем (бройлеры) и во время линьки (несушки) птица наиболее восприимчива к колонизации сальмонеллами из-за больших сдвигов в кишечнике популяций микроорганизмов. Именно в эти периоды времени пробиотики и пребиотики, вводимые в корм, либо не защищают, либо обеспечивают лишь ограниченную защиту птиц в виде снижения титров сальмонелл, но не устраняя бактерии [20, 21]. Снижение эффективности пробиотиков происходит частично из-за отмирания анаэробных бактерий в результате их чувствительности к кислороду. Кроме того, на начальных стадиях кишечной инфекции сальмонеллы могут проникать через кишечный барьер в макрофаги. Оказавшись внутри макрофагов, сальмонелла обладает способностью уклоняться от лизиса, что потенциально приводит к системной сальмонеллезной инфекции у птиц [22].

Имеются и другие, менее затратные пути решения проблемы сальмонеллеза, одним из которых, по нашему мнению, является использование бактериофагов. Поисковые исследования о возможности применения бактериофагов по обработке птицы перед ее отправкой на мясоперерабатывающие предприятия и использования бактериофагов в качестве биодезинфектантов проводятся «Центром биотехнологической обработки продуктов питания при Институте прикладной микробиологии» (ЦБО «Микробиологии»). Центр создан для проведения исследовательской деятельности по направлению «Биотехнологии в сельском хозяйстве и промышленности» и является участником проекта создания и обеспечения функционирования инновационного центра «Сколково», имеет запатентованную технологию производства бактериофагов.



Предлагаемые технологические решения позволяют создавать продукты, опережающие мировые аналоги по спектру элиминируемых бактерий-мишеней.

На современном этапе бактериофаги используются в медицине в качестве антимикробных препаратов при генерализованных септических заболеваниях, бактериальных инфекциях желудочно-кишечного тракта, ЛОР-органов, органов зрения, дыхательных путей, урогенитального тракта, ожоговых ранах, хирургических инфекциях [23]. Перспективными выглядят результаты исследований по изучению эффективности фаговых литических ферментов бактериофагов в качестве терапевтических препаратов. Имеется ряд исследований, показавших, что пептидогликанлизирующий фермент бактериофагов (эндолизин) вызывает ускоренный лизис клеток соответствующих грамположительных бактерий [24, 25]. Одним из перспективных направлений исследований является изучение возможностей функционирования бактериофагов в биопленках. Особенно эффективным для разрушения микробных биопленок является применение двуединой ферментативной стратегии бактериофага, который уменьшает количество клеток бактериальной биопленки примерно на 4,5 порядка (удаление приблизительно 99,9%), что было примерно на два порядка больше, чем у неферментативного фага [26].

Различают две модели взаимодействия бактериофага с чувствительной клеткой: вирулентный и умеренный тип. Заражение бактерий вирулентными фагами всегда заканчивается литическим эффектом: высвобождением зрелых фаговых частиц, готовых к поражению новых бактериальных клеток. Генетический материал умеренных фагов интегрируется в бактериальную хромосому и размножается синхронно с клеткой хозяина, не вызывая лизиса – такие фаги называются профагами и вызывают лизогенную конверсию. Одним из путей снижения риска распространения нежелательных генов при участии лечебных бактериофагов является применение для фаготерапии исключи-

тельно вирулентных фагов. Именно отсутствие данного контроля сделало противоречивыми лечебно-профилактические эффекты фагообработки против сальмонеллеза в птицеводстве в 20 столетии.

Механизм действия фагов заключается в проникновении через эпителиальные барьеры слизистых оболочек с помощью рецепторзависимого транспорта, активно осуществляемого бокаловидными клетками эпителия кишечника и М-клетками иммунной системы. Перорально введенный бактериофаг быстро достигает очагов локализации инфекции и, уже через час, поступает в общий кровоток, адсорбируется тканями, оседая в первую очередь в лимфатических узлах, печени и селезенке, бурсе (у птиц), а через 1–1,5 ч. – фиксируется в бронхолегочном экссудате, через 2 часа появляется в моче [27].

Необходимость создания, использования и применения бактериофагов в ветеринарии в качестве альтернативы антибиотикам в Российской Федерации предусмотрена «Стратегией предупреждения распространения антимикробной резистентности в РФ на период до 2030 г.» (далее Стратегия), В плане мероприятий на 2019-2024 годы от 30 марта 2019 года N 604-р по реализации Стратегии предусмотрено создание банков актуальных бактериофагов с целью изучения их генотипических особенностей, разработки генно-инженерных штаммов ориентированных фагов на базе референс-центров Минздрава России, Роспотребнадзора и Россельхознадзора [28].

Основными направлениями для конструирования и внедрения препаратов на основе бактериофагов в ветеринарной медицине, птицеводстве и перерабатывающей продукты птицеводства отрасли являются [29]:

- 1) лечебно-профилактическое использование;
- 2) бактериофаг-опосредованный биоконтроль, подразумевающий комплекс мер по уничтожению бактерий, поражающих сельскохозяйственные культуры и продуктивных животных на прижизнен-

ном этапе, т.е. до этапа попадания их на перерабатывающие предприятия;

3) фаговый биопроцессинг, используемый для деконтаминации продуктов и полуфабрикатов (например, от возбудителей токсикоинфекций), а также для продления сроков их годности, непосредственно на перерабатывающем предприятии;

4) биодезинфекция объектов ветеринарного надзора, подразумевающая обработку помещения, инвентаря, подстилки, навоза и т.д.

Биодезинфекция объектов ветеринарного надзора является новым направлением в отечественной ветеринарной медицине и метапрофилактике сальмонеллеза. Основанием для использования бактериофагов в дезинфектологии послужил, как опыт применения биодезинфекции в эпидемиологически значимых специализированных отделениях медицинских организаций (отделения интенсивной терапии и реанимации, ожоговые) [30], так и актуальная ситуация с распространением бактерий, устойчивых к химическим дезинфицирующим средствам и антисептикам. Ученые союза университетов Ирландии (Национального университета Ирландии) выяснили, что внесение возрастающих доз дезинфектантов в лабораторные штаммы *Pseudomonas aeruginosa* приводит к привыканию не только самой бактерии, но и к формированию резистентности к фторхинолонам II поколения (ципрофлоксацин), даже без контакта с антибиотиком! Использование фагирования как метода биологической дезинфекции является в отдельных случаях единственно возможной мерой для элиминации возбудителей инфекций и позволяет в короткие сроки достигать снижения заболеваемости.

В качестве профилактической меры заболеваемости и контроля сальмонеллеза на птицепредприятиях многие компании активно предлагают вакцинопрофилактику. Из-за проблем общественного здравоохранения, связанных с *Salmonella Enteritidis* и *Salmonella Typhimurium*, эти серовары являются мишенями большин-

ства сальмонеллезных вакцин. Имеются как инаktivированные (убитые), так и аттенуированные (живые) вакцины, однако ни один из типов вакцин не обеспечивает полной защиты или перекрестной защиты от всех серогрупп сальмонелл. Учитывая, что вакцины нацелены на *Salmonella Typhimurium* (серогруппа B) и *Salmonella Enteritidis* (серогруппа D), давление отбора на другие распространенные серовары, включая *Salmonella Kentucky* (серогруппа C), может усилиться, потому что эффективность вакцины против антигенно несходных сероваров снижается [31]. Заражение стада и производство зараженных яиц все еще могут происходить, но с меньшей частотой, чем можно было бы ожидать в невакцинированных стадах [32]. Тем не менее, ни одна вакцина не является 100 % эффективной в борьбе с сальмонеллезной инфекцией. По данным Darrell W. и соавт. низкая эффективность вакцин *Salmonella Enteritidis* была связана с неспособностью обеспечить адекватный контроль над грызунами, неадекватной очисткой и дезинфекцией, лишением корма или воды или экологическими стрессами, такими как чрезмерная жара [33]. Это подчёркивает, что в профилактике сальмонеллезной инфекции все составляющие имеют значение.

Не смотря на вводимые ограничения в связи с мероприятиями по сдерживанию антибиотикорезистентности, признанной Всемирной организацией здравоохранения глобальной угрозой человечеству, у нас в стране и ряде других государств - основных производителей мяса птицы и яиц, антибиотики остаются в основе программ метапрофилактики сальмонеллеза и других бактериозов на птицефабриках. Что касается уровней устойчивости к противомикробным препаратам сальмонеллы, то в Бразилии эти уровни варьируются от 56 % до 100 %, в Соединенных Штатах 74,1 % (доля штаммов, выделенных из куриного мяса, которые были признаны устойчивыми к противомикробным препаратам 7+ групп. Сальмонеллы были отнесены к группе высокого уровня приоритетности для исследований по разра-

ботке новых антибактериальных препаратов, как высоко резистентные (ВОЗ, 2017). Вызывает озабоченность распространение сальмонелл, устойчивых к цефалоспорином и фторхинолонам. Оба класса антимикробных препаратов используются для лечения тяжелых инфекций, и устойчивость к этим препаратам может вызвать серьезные осложнения с точки зрения успешного лечения.

В Китае в тестах на чувствительность к противомикробным препаратам эксперты оценили, что только 41,14 % *Salmonella* spp. чувствительны к противомикробным препаратам, 34,72% были устойчивы более чем к трем классам. Штаммы высокорезистентны к сульфаметоксазол-триметоприму (39,61%), налидиксовой кислоте (39,17%), доксициклину (28,22%) и тетрациклину (27,58%). Резистентность к цефалоспорином и фторхинолонам колебалась от 5,25 до 7,44% и от 19,04 до 24,51% соответственно. Среди устойчивых к пенициллину и цефалоспориноу штаммов 25 изолятов продуцировали  $\beta$ -лактамазы расширенного спектра действия (ESBLs) [34]. Очевидно, что ситуация с антибиотикорезистентностью пока только ухудшается, и это требует новых подходов в метапрофилактике сальмонеллеза на птицеводческих предприятиях.

#### ВЫВОДЫ/CONCLUSION

Современные аспекты возникновения сальмонеллезов, факторы патогенности, передачи, этиологии, механизмы устойчивости сальмонелл обосновывают нозологический профиль и требуют переориентирования существующих подходов в профилактике и контроле сальмонеллеза птиц. В настоящей статье не ставилась задача детализация этой многофакторной проблемы, вместе с тем систематизированы базовые подходы по мерам метапрофилактики, в т.ч. с использованием биодезинфектантов на основе бактериофагов.

Построение системы профилактики и борьбы с сальмонеллезной инфекцией в птицеводстве должно базироваться на меняющемся этиологическом серовариантном профиле, растущей лекарственной устойчивости и устойчивости к дезинфек-

тантам, способности сальмонелл сохраняться и распространяться в условиях производства через резервуары инфекции и объекты ветеринарного надзора, колонизационной и биопленкообразовательной способности возбудителя.

Учитывая современную эпизоотическую ситуацию и представленные данные этиопатогенеза сальмонеллеза, выстраивание метапрофилактики данной инфекции в птицеводческих предприятиях должно базироваться на системных санитарно-гигиенических мероприятиях, скрининг-контроле и биозащите, основанной на использовании эффективной борьбы с синантропными грызунами и птицами, применении органических кислот для контроля сальмонеллы в кормах, бактериофагов в качестве средств специфической деконтаминации и профилактики угроз, биодезинфекции и, в ряде случаев, применении вакцинации (при риске инфицирования распространенными сероварами широкой патогенности, гомологичных вакцинным формулам в базовой линейке). При этом средства на основе бактериофагов следует уделить место приоритетного выбора в альтернативу антибиотикам. Среди вакцин приоритетнее использовать инактивированные препараты, чтобы не затруднять мониторинг инфекции при циркуляции аттенуированных штаммов.

#### METAPREVENTION METHODS OF SALMONELLOSIS IN POULTRY FACILITIES: REVIEW

**Laishevtcev A.I.** \* <sup>1,2</sup> Candidate of Biological Sciences, head of laboratory (ORCID 0000-0002-5050-2274), **Kapustin A.V.** <sup>2</sup> Doctor of Biological Sciences, assistant professor, deputy director (ORCID 0000-0003-0136-2487), **Smirnov D.D.** <sup>1,2</sup> Candidate of Veterinary Sciences, Researcher (ORCID 0000-0003-23-44-3755), **Pimenov N.V.** <sup>3</sup> Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Immunology and Biotechnology (ORCID 0000-0003-1658-1949), **Lenev S.V.** <sup>4</sup> Leading Researcher (ORCID 0000-0002-0049-3728).

<sup>1</sup> Center of food biotechnological processing at the institute of applied Microecology LLC, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV" (FSC VIEV), Moscow, Russia

<sup>3</sup> Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Federal state budgetary institution «The Russia state center for animal feed and drug standardization and quality», Moscow, Russia

\* a-laishevtsev@bk.ru

## ABSTRACT

Metaphylaxis is aimed at preventing the recurrence of outbreaks and the isolation of the causative agent of an infectious disease. Salmonellosis continues to be a serious threat to the poultry industry and the end consumer of the industry's products. The incidence rates of salmonellosis in the world population from year to year remain consistently high, despite all the efforts made by the medical community. First of all, this phenomenon should be associated with a high level of contamination of food products, especially those obtained in the poultry industry. This causes the stationarity of the infection and the recurrence of epizootic foci. The existing data on epizootic and epidemiological control of poultry and processing enterprises probably do not fully reflect the objective picture of salmonellosis. The solution to the problem could be the introduction of national state programs for the control, prevention and fight against salmonellosis. The prospects of this direction are emphasized by a number of researchers who are constantly looking for more effective means and ways to combat the indicated pathology.

The results of studies carried out on the basis of the FSC VIEV as part of monitoring demonstrate an expansion of the spectrum of non-traditional Salmonella serovariants circulating in poultry farms of the Russian Federation. In view of this, the relevance of the search and implementation of new methods of combating salmonellosis is increasing.

The presented review covers the history and taxonomy of bacteria of the genus *Salmonella*, the pathogenicity factors of the pathogen that cause the widespread infection, transmission, etiopathogenesis of salmonellosis, mechanisms of resistance to antibacterial drugs and other features, as well as measures for metaphylaxis of salmonella infection, incl. using biodisinfectants based on bacteriophages.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Zhu M., Cui S., Lin L., Xu B., Zhao J., Xia S., et al. Analysis of the aetiology of diarrhea in outpatients in 2007, Henan province, China. *Epidemiology & Infection*. 2012;7:540-548. DOI: 10.1017/S0950268812000970.
2. Белая А. Сальмонеллез промышленного масштаба. Какие риски несет бактерия *Salmonella* для животноводческих предприятий и потребителей. *Агроинвестор*. 2019;9:48-53. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/32350-salmonellez>. (дата обращения: 15.02.2023).
3. Официальный сайт Россельхознадзора. Режим доступа: <https://fsvps.gov.ru>. (дата обращения: 15.02.2023).
4. Prevention of *Salmonella* enteritidis in shell eggs during production, storage, and transportation. Final rule. Fed Regist. Food and Drug Administration, HHS; 2009;74 (130):33029-33101. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19588581>. (дата обращения: 15.02.2023).
5. Gast R.K., Holt P.S., Guraya R. Effect of refrigeration on in vivo penetration of *Salmonella* Enteritidis through the egg yolk membrane. *Journal of food protection*. 2006;69:1426-1429. DOI: 10.4315/0362-028x-69.6.1426.
6. Foley S.L., Nayak R., Hanning I.B., Johnson T.J., Han J., Ricke S.C. Population dynamics of *Salmonella enterica* serotypes in commercial egg and poultry production. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*. 2011;77:4273-4279. DOI: 10.1128/AEM.00598-11.
7. Mahmood A.K., Khan M.S., Khan M.A., Khan M.A., Bilal M. Prevalence of *Salmo-*

- nella in diarrheic adult goats in field conditions. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 2014;24(1):98-102. URL: <https://thejaps.org.pk/docs/v-24-1/15.pdf>. (дата обращения: 15.02.2023).
8. Voss-Rech D., Vaz C.S., Alves L., Coldebella A., Leão J.A., Rodrigues D.P., Back A. A temporal study of Salmonella enterica serotypes from broiler farms in Brazil. *Poultry Science Journal*. 2015;94:433-441. DOI: 10.3382/ps/peu081.
9. Salmonella surveillance: annual summary. Centers for Disease Control and Prevention. U.S. Department of Health and Human Services. 2008; URL: <https://webarchive.library.unt.edu/eot2008/20080918002957/http://cdc.gov/salmonella>. (дата обращения: 15.02.2023).
10. Пименова В.В., Лаишевцев А.И., Пименов Н.В. Основные направления оздоровительных мероприятий при сальмонеллезе птиц: принципы и недостатки антибиотикообработок. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017;11(71):496-510. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-ozdorovitelnyh-meropriyatiy-pri-salmonelleze-ptits-printipy-i-nedostatki-antibiotikoobrabotok>. (дата обращения: 15.02.2023).
11. Пименов Н.В., Лаишевцев А.И. *Современные аспекты борьбы с сальмонеллезной инфекцией в птицеводстве*. М.: Старая Басманная; 2017. 172 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009622890?ysclid=le67zk8yy263460325>. (дата обращения: 15.02.2023).
12. Velge P., Cloeckert A., Barrow P. Emergence of Salmonella epidemics: the problems related to Salmonella enterica serotype Enteritidis and multiple antibiotic resistance in other major serotypes. *Vet. Res*. 2015;36:267-288. DOI: 10.1051/vetres:2005005.
13. Руководство по контролю кампилобактер и salmonella в курином мясе (CAC/GL78-2011). Кодекс Алиментариус; 2011. Режим доступа: <https://base.garant.ru/71796276/?ysclid=le69d0xftx867442320>. (дата обращения: 15.02.2023).
14. Wierup M., Kristoffersen T. Prevention of Salmonella contamination of finished soybean meal used for animal feed by a Norwegian production plant despite frequent Salmonella contamination of raw soybeans, 1994-2012. *Journal Acta Vet. Scandinavica*. 2014;56:41. DOI: 10.1186/s13028-014-0041-7.
15. Trampel D.W., Holder T.G., Gast R.K. Integrated farm management to prevent Salmonella Enteritidis contamination of eggs. *Journal of Applied Poultry Research*. 2014;23(2):353-362. URL: <https://doi.org/10.3382/japr.2014-00944>. (дата обращения: 15.02.2023).
16. Carrique-Mas J.J., Bedford S., Davies R.H. Organic acid and formaldehyde treatment of animal feeds to control Salmonella: Efficacy and masking during culture. *Journal Applied Microbiology*. 2007;103:88-96. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2006.03233.x.
17. Animal and Plant Health Inspection System USDA. National Poultry Improvement Plan and Auxiliary Provisions (APHIS 91-55-088); 2011. URL: <https://archive.org/details/nationalpoultryi5508cent>. (дата обращения: 15.02.2023).
18. Park S.H., Hanning I., Perrota A., Bench B.J., Alm E., and Ricke S.C. Modifying the gastrointestinal ecology in alternatively raised poultry and the potential for molecular and metabolomics assessment. *Poultry Science Journal*. 2013;92:546-561. DOI: 10.3382/ps.2012-02734.
19. Rehman H., Vahjen W., Kohl-Parisini A., Ijaz A., Zentek J.J. Influence of fermentable carbohydrates on the intestinal bacteria and enteropathogens in broilers. *Worlds Poultry Science Journal*. 2009;65:75-90. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-fermentable-carbohydrates-on-the-and-Rehman-Vahjen/72847917302ffa20d6aa9de19e4f5dc01d3d85d6>. (дата обращения: 15.02.2023).
20. Donalson L.M. et al. The influence of a fructooligosaccharide prebiotic combined with alfalfa molt diets on the gastrointestinal tract fermentation, Salmonella enteritidis infection, and intestinal shedding in laying



- hens. *Poultry Science Journal*. 2008;87:1253-1262. DOI: 10.3382/ps.2007-00166.
21. Van I.F. et al. The use of organic acids to combat *Salmonella* in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathol*. 2005;35:182-188. DOI: 10.1080/03079450600711045.
22. Brown N.F. et al. *Salmonella* pathogenicity island 2 is expressed prior to penetrating the intestine. *PLoS Pathog*. 2005;1(3):e32. DOI: 10.1371/journal.ppat.0010032.
23. Алсынбаев М.М., Медведев Ю.А., Туйгунов М.М. *Биопрепараты и ведущие направления их лечебно-профилактического применения*. Уфа: РИО филиала «Иммунопрепарат» ФГУП «НПО «Микроген» МЗ РФ; 2018.
24. Мирошников К.А., Чертков О.В., Назаров П.А., Месянжинов В.В. Пептидогликанлизирующие ферменты бактериофагов – перспективные противобактериальные агенты. *Успехи биологической химии*. 2006;46:65-98. Режим доступа: <https://www.fbras.ru/wp-content/uploads/2017/10/miroshnikov.pdf?ysclid=le6av7yaam977818509>. (дата обращения: 15.02.2023).
25. Loeffler J.M., Nelson D., Fischetti V.A. Rapid killing of *Streptococcus pneumoniae* with a bacteriophage cell wall hydrolase. *Science*. 2010;294:2170-2172. DOI: 10.1126/science.1066869.
26. Алешкин В.А. Алешкин А.В., Афанасьев С.С. Бактериофаги в России: прошлое, настоящее и будущее. Бактериофаги: теоретические и практические аспекты применения в медицине, ветеринарии и пищевой промышленности: международная научно-практическая конференция. Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина; 2013. Том I. С. 139-144. Режим доступа: <http://lib.ugsha.ru:8080/handle/123456789/6570>. (дата обращения: 15.02.2023).
27. Асланов Б.И. Эффективные антибактериальные средства в условиях глобальной устойчивости к антибиотикам. *Медицинский совет*. 2016; спецвыпуск:3-7.
28. Распоряжение Правительства РФ от 30 марта 2019 г. № 604-р «Об утверждении плана мероприятий на 2019 - 2024 гг. по реализации Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в РФ на период до 2030 г.» Информационно-правовой портал Гарант.ру; 2019. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72116668/?ysclid=le6bfpceer620247637>. (дата обращения: 15.02.2023).
29. Васильев Д.А., Золотухин С.Н. *Бактериофаги микроорганизмов значимых для животных, растений и человека*. Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина; 2013. 10-14 с. Режим доступа: <http://lib.ugsha.ru:8080/handle/123456789/196>. (дата обращения: 15.02.2023).
30. Биологический метод дезинфекции с использованием бактериофагов. Методические рекомендации МР 3.5.1.0101-15. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов; 2015. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456012604?ysclid=le6bwo9ycq142003067>. (дата обращения: 15.02.2023).
31. Foley S.L., Nayak R., Hanning I.B., Johnson T.J., Han J., Ricke S.C. Population Dynamics of *Salmonella enterica* Serotypes in Commercial Egg and Poultry Production. *Journal Applied Envir. Microbiology*. 2011;77:4273-4279. DOI: 10.1128/AEM.00598-11.
32. Park S.H., Hanning I., Perrota A., Bench B.J., Alm E., Ricke S.C. Modifying the gastrointestinal ecology in alternatively raised poultry and the potential for molecular and metabolomics assessment. *Poultry Science*. 2013;92:546-561. DOI: 10.3382/ps.2012-02734.
33. Trampel D.W., Holder T.G., Gast R.K. Integrated farm management to prevent *Salmonella* Enteritidis contamination of eggs. *Journal of Applied Poultry Research*. 2014;23(2):353-362. URL: <https://doi.org/10.3382/japr.2014-00944>. (дата обращения: 15.02.2023).
34. Kuang X., Hao H., Dai M., Wang Y., Ahmad I., Liu Z., Zonghui Y. Serotypes and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* spp. isolated from farm animals in China.

*Journal Front Microbiology.* 2015;22 (6):602. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00602.

## REFERENCES

1. Zhu M., Cui S., Lin L., Xu B., Zhao J., Xia S., et al. Analysis of the aetiology of diarrhea in outpatients in 2007, Henan province, China. *Epidemiology & Infection.* 2012;7:540-548. DOI: 10.1017/S0950268812000970.
2. Belaya A. Industrial spread of salmonellosis. Risks of salmonella bacteria for farmer facilities and consumers. *Agroinvestor.* 2019;9:48-53. (In Russ.) URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/32350-salmonellez>.
3. Official Rossel'hosnadzor website. URL: <https://fsvps.gov.ru>.
4. Prevention of Salmonella enteritidis in shell eggs during production, storage, and transportation. Final rule. Fed Regist. Food and Drug Administration, HHS; 2009;74 (130):33029-33101. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19588581>. (дата обращения: 15.02.2023).
5. Gast R.K., Holt P.S., Guraya R. Effect of refrigeration on in vivo penetration of Salmonella Enteritidis through the egg yolk membrane. *Journal of food protection.* 2006;69:1426-1429. DOI: 10.4315/0362-028x-69.6.1426.
6. Foley S.L., Nayak R., Hanning I.B., Johnson T.J., Han J., Ricke S.C. Population dynamics of Salmonella enterica serotypes in commercial egg and poultry production. *Journal of Applied & Environmental Microbiology.* 2011;77:4273-4279. DOI: 10.1128/AEM.00598-11.
7. Mahmood A.K., Khan M.S., Khan M.A., Khan M.A., Bilal M. Prevalence of Salmonella in diarrheic adult goats in field conditions. *Journal of Animal & Plant Sciences.* 2014;24(1):98-102. URL: <https://thejaps.org.pk/docs/v-24-1/15.pdf>. (дата обращения: 15.02.2023).
8. Voss-Rech D., Vaz C.S., Alves L., Coldebella A., Leão J.A., Rodrigues D.P., Back A. A temporal study of Salmonella enterica serotypes from broiler farms in Brazil. *Poultry Science Journal.* 2015;94:433-441. DOI: 10.3382/ps/peu081.
9. Salmonella surveillance: annual summary. Centers for Disease Control and Prevention. U.S. Department of Health and Human Services. 2008; URL: <https://webarchive.library.unt.edu/eot2008/20080918002957/http://cdc.gov/salmonella>. (дата обращения: 15.02.2023).
10. Pimenova V.V., Laishevtsev A.I., Pimenov N.V. The main directions of health-improving measures for avian salmonellosis: principles and disadvantages of antibiotic treatments. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences.* 2017;11 (71):496-510. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-ozdorovitelnyh-meropriyatiy-pri-salmonelleze-ptits-printsiipy-i-nedostatki-antibiotikoobrabotok>.
11. Pimenov N.V., Laishevtsev A.I. Modern aspects of the fight against salmonella infection in poultry farming. M.: Old Basmanaya; 2017. 172 с. (In Russ.) URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009622890?ysclid=le67zk8yy263460325>.
12. Velge P., Cloeckaert A., Barrow P. Emergence of Salmonella epidemics: the problems related to Salmonella enterica serotype Enteritidis and multiple antibiotic resistance in other major serotypes. *Vet. Res.* 2015;36:267-288. DOI: 10.1051/vetres:2005005.
13. Guidelines for the control of campylobacter and salmonella in chicken meat (CAC/GL78-2011). Codex Alimentarius; 2011. URL: <https://base.garant.ru/71796276/?ysclid=le69d0xftx867442320>.
14. Wierup M., Kristoffersen T. Prevention of Salmonella contamination of finished soybean meal used for animal feed by a Norwegian production plant despite frequent Salmonella contamination of raw soy beans, 1994-2012. *Journal Acta Vet. Scandinavica.* 2014;56:41. DOI: 10.1186/s13028-014-0041-7.
15. Trampel D.W., Holder T.G., Gast R.K. Integrated farm management to prevent Salmonella Enteritidis contamination of eggs. *Journal of Applied Poultry Research.* 2014;23(2):353-362. URL: <https://>

- doi.org/10.3382/japr.2014-00944. (дата обращения: 15.02.2023).
16. Carrique-Mas J.J., Bedford S., Davies R.H. Organic acid and formaldehyde treatment of animal feeds to control *Salmonella*: Efficacy and masking during culture. *Journal Applied Microbiology*. 2007;103:88-96. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2006.03233.x.
17. Animal and Plant Health Inspection System USDA. National Poultry Improvement Plan and Auxiliary Provisions (APHIS 91-55-088); 2011. URL: <https://archive.org/details/nationalpoultryi5508cent>. (дата обращения: 15.02.2023).
18. Park S.H., Hanning I., Perrota A., Bench B.J., Alm E., and Ricke S.C. Modifying the gastrointestinal ecology in alternatively raised poultry and the potential for molecular and metabolomics assessment. *Poultry Science Journal*. 2013;92:546-561. DOI: 10.3382/ps.2012-02734.
19. Rehman H., Vahjen W., Kohl-Parisini A., Ijaz A., Zentek J.J. Influence of fermentable carbohydrates on the intestinal bacteria and enteropathogens in broilers. *Worlds Poultry Science Journal*. 2009;65:75-90. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-fermentable-carbohydrates-on-the-and-Rehman-Vahjen/72847917302ffa20d6aa9de19e4f5dc01d3d85d6>. (дата обращения: 15.02.2023).
20. Donalson L.M. et al. The influence of a fructooligosaccharide prebiotic combined with alfalfa molt diets on the gastrointestinal tract fermentation, *Salmonella enteritidis* infection, and intestinal shedding in laying hens. *Poultry Science Journal*. 2008;87:1253-1262. DOI: 10.3382/ps.2007-00166.
21. Van I.F. et al. The use of organic acids to combat *Salmonella* in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathol*. 2005;35:182-188. DOI: 10.1080/03079450600711045.
22. Brown N.F. et al. *Salmonella* pathogenicity island 2 is expressed prior to penetrating the intestine. *PLoS Pathog*. 2005;1(3):e32. DOI: 10.1371/journal.ppat.0010032.
23. Alsinbayev M.M., Medvedev U.A., Tuygunov M.M. *Biodrugs and their leading directions of cure-prevention usage*. Ufa: Editorial and Publishing Department of the branch "Immunopreparat" Federal State Unitary Enterprise "Microgen" of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2018.
24. Miroshnikov K.A., Chertkov O.V., Nazarov O.V., Mesyanjinov V.V. Peptidoglycanizing enzymes of bacteriophages - promising antibacterial agents. *Advances in biological chemistry*. 2006;46:65-98. URL: <https://www.fbras.ru/wp-content/uploads/2017/10/miroshnikov.pdf?ysclid=le6av7yaam977818509>.
25. Loeffler J.M., Nelson D., Fischetti V.A. Rapid killing of *Streptococcus pneumoniae* with a bacteriophage cell wall hydrolase. *Science*. 2010;294:2170-2172. DOI: 10.1126/science.1066869.
26. Aleshkin V.A., Aleshkin A.V., Afanasiev S.S. Bacteriophages in Russia: past, present and future. *Bacteriophages: theoretical and practical aspects of application in medicine, veterinary medicine and food industry: international scientific-practical conference*. Ulyanovsk: State Agrarian University named after P.A. Stolypin; 2013. V. I. P. 139-144. URL: <http://lib.ugsha.ru:8080/handle/123456789/6570>.
27. Aslanov B.I. Effective antibacterial agents in the context of global antibiotic resistance. *Medical Council*. 2016; special issue:3-7.
28. Decree of the Government of the Russian Federation of March 30, 2019 No. 604-r "On approval of the action plan for 2019-2024 on the implementation of the Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance in the Russian Federation for the period up to 2030" Information and legal portal Garant.ru; 2019. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72116668/?ysclid=le6bfpceer620247637>.
29. Vasilyev D.A., Zolotukhin S.N. Bacteriophages of microorganisms important for animals, plants and humans. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin; 2013. 10-14 p. URL: <http://lib.ugsha.ru:8080/handle/123456789/196>.
30. Biological method of disinfection using bacteriophages. Guidelines 3.5.1.0101-15.

Electronic fund of legal and regulatory documents; 2015. URL: [https://docs.cntd.ru/document/456012604?](https://docs.cntd.ru/document/456012604?ysclid=le6bwo9ycq142003067)

[ysclid=le6bwo9ycq142003067](https://docs.cntd.ru/document/456012604?ysclid=le6bwo9ycq142003067).

31. Foley S.L., Nayak R., Hanning I.B., Johnson T.J., Han J., Ricke S.C. Population Dynamics of *Salmonella enterica* Serotypes in Commercial Egg and Poultry Production. *Journal Applied Envir. Microbiology*. 2011;77:4273-4279. DOI: 10.1128/AEM.00598-11.

32. Park S.H., Hanning I., Perrota A., Bench B.J., Alm E., Ricke S.C. Modifying the gastrointestinal ecology in alternatively raised poultry and the potential for molecular and metabolomics assessment. *Poultry Science*.

2013;92:546–561. DOI: 10.3382/ps.2012-02734.

33. Trampel D.W., Holder T.G., Gast R.K. Integrated farm management to prevent *Salmonella Enteritidis* contamination of eggs. *Journal of Applied Poultry Research*. 2014;23(2):353-362. URL: <https://doi.org/10.3382/japr.2014-00944>. (дата обращения: 15.02.2023)

34. Kuang X., Hao H., Dai M., Wang Y., Ahmad I., Liu Z., Zonghui Y. Serotypes and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* spp. isolated from farm animals in China. *Journal Front Microbiology*. 2015;22(6):602. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00602.

УДК: 579. [844.12+852.13].083.18  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.48

## РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ТЕСТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ АЛЬФА-ТОКСИНА *CLOSTRIDIUM* *PERFRINGENS*

Моисеева К. А. – аспирант 3 года обучения кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID: 0000-0003-4526-7430)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной  
медицины»

\*rozikova\_karina@mail.ru

**Ключевые слова:** ПЦР, *Clostridium perfringens*, тест-система, диагностика, энтеротоксемия.

**Keywords:** PCR, *Clostridium perfringens*, test system, diagnostics, enterotoxemia

Поступила: 30.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

При распространении клостридиозов нарушается эпидемиологическая и эпизоотическая безопасность, степень которой зависит от иммунологического статуса животного, лечебных и профилактических мер в животноводческом комплексе, токсигенности бактерии и степени тяжести болезни. Бактерия *Clostridium perfringens* распространена повсеместно, продуцирует 20 различных токсинов и факторов патогенности, одним из которых является альфа-токсин, который обнаруживается в мясе и других биологических пробах, что угрожает биобезопасности животноводческих предприятий, рынков, магазинов и др. Статья посвящена разработке и апробации тест-системы для полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени с целью обнаружения ДНК гена, кодирующего альфа-токсин штамма *Clostridium perfringens* CP322, широко распространенного на территории Российской Федерации. Синтез олигонуклеотидов, предложенный коллективом ученых из Кореи Chon J.W., Park J.S., Hyeon J.Y., Park C., Song K.Y., Hong K.W., Hwang I.G., Kwak H.S., Seo K.H. в 2012 году послужил основой для создания и апробации тест-системы [1].

Оптимизация методики диагностики, подбор верных концентраций реагентов и ДНК в образцах от крупного рогатого скота, синтез высокоспецифичных праймеров и модернизация молекулы зонда послужили основой для разработки тест-системы, апробация которой прошла на 319 образцах – биоматериале, полученном от крупного рогатого скота. Предложенный метод молекулярно-генетической диагностики позволит ветеринарным специалистам своевременно идентифицировать возбудителя энтеротоксемии в исследуемых пробах, комплексно поставить диагноз с учетом эпизоотических, клинических, патологоанатомических и лабораторных данных, назначить эффективное лечение и разработать план мероприятий по профилактике развития и распространения инфекции.



## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Экономический ущерб от энтеротоксемии обоснован летальным исходом продуктивных животных, распространяющих инфекцию, снижением количества и качества молочной и мясной продукции. По исследованиям Yang C.C., Hsu P.C., Chang H.J., Cheng C.W., Lee M.H. в 2013 году, смертность больных бактериемией, вызванной *Clostridium perfringens*, составляет 27-44%. Как правило, клинические характеристики этой инфекции неспецифичны, что приводит к значительным трудностям диагностики и раннего начала соответствующей терапии [2]. Вирулентность *Clostridium perfringens* в большей степени объясняется возможностью продуцировать более 20 различных токсинов и факторов патогенности, а именно протеиназы, лецитиназу, гиалуронидазу, коллагеназу и другие [3]. Альфа-токсин штамма *Clostridium perfringens* вызывает до 25% летальных исходов среди поголовья крупного рогатого скота, по исследованиям Козлова А. Д., Горбачева Н. С., Клименкова О. В. и др (2017) [4]. Кроме того, альфа-токсин *Clostridium perfringens* обнаруживается в мясе и других биологических пробах, что угрожает биобезопасности животноводческих предприятий, рынков, магазинов и др.

Молекулярно-генетический метод идентификации возбудителей, а именно полимерная цепная реакция (ПЦР) в режиме реального времени является современным и эффективным способом для лабораторной диагностики кишечных инфекций крупного рогатого скота, чем обосновывается актуальность исследования [1,5,6,7]. Разработка и применение высокоспецифичных, чувствительных праймеров позволит ветеринарным специалистам своевременно обнаружить ген альфа-токсина *Clostridium perfringens* в исследуемых образцах с целью профилактики и лечения энтеротоксемии на животноводческих комплексах, сохраняя эпизоотическое и эпидемиологическое благополучие на этапах реализации продуктов и сырья животного происхождения.

Цель работы – разработка и синтез

олигонуклеотидов с подбором оптимальной концентрации реагентов для выявления гена альфа-токсина *Clostridium perfringens* в исследуемых образцах методом ПЦР в режиме реального времени.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

В работе использованы такие методы исследований, как клинический, бактериологический, молекулярно-генетический, биоинформационный, аналитический и статистический.

В рамках разработки тест-системы для идентификации токсигенных *Clostridium perfringens* методом ПЦР-РТ был выбран участок гена CPA, кодирующий альфа-токсин - ген фосфолипазы С альфа-токсина (plc) штамма *Clostridium perfringens* CP322. Информацию об участке гена изучали с помощью GenBank – базы данных генетических последовательностей.

Основу составляла последовательность нуклеотидов, подобранная коллективом ученых из Кореи - Chon J.W., Park J.S., Hyeon J.Y., Park C., Song K.Y., Hong K.W., Hwang I.G., Kwak H.S., Seo K.H. в 2012 году [1].

Последовательность нуклеотидов, специфичность гена были подтверждены на веб-сайте <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22534301/> с помощью BLAST <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> [8]. Выравненная последовательность нуклеотидов изучалась в программе SnapGene. Результаты статистического анализа считались значимыми при  $p < 0,05$ . Были синтезированы следующие последовательности: Прямой праймер - Forward (F) 5'-AAAAGAAAGATTTGTAAGGCGCTTAT-3', обратный праймер – Reverse (R) 5'-CCCAAGCGTAGACTTTAGTTGATG-3' [1].

В экспериментальных целях для наибольшей эффективности реакции и учета результатов в программе гаситель флуоресценции, локализирующийся между праймерами, был заменен на более современный BHQ1. Получился зонд 5'-FAM TGC CGC GCT AGC AAC TAG

ССТ ATG G-3' ВНQ1. Олигонуклеотиды и все реагенты для реакции ПЦР, используемые в исследовании были синтезированы и приобретены у ООО «Бигль» (Санкт-Петербург, Россия).

Биопробы были отобраны от клинически здоровых, больных животных с такими клиническими признаками как диарея, эндометрит, мастит, поражения дистальных отделов конечностей. Содержимое кишечника нехарактерного цвета более суток с включениями слизи и крови, влагалища, молоко непосредственно из соска, некротизированные или гнойные участки копыт и пальцев, образцы из автоматизированного навозного стока в помещениях отбирались стерильным урогенитальным зондом в пробирку типа Эппендорф со стерильным физиологическим раствором.

С помощью комплекта реагентов «ДНК-сорб-В» была выделена ДНК из биологического материала согласно инструкции. Затем готовилась реакционная смесь. Смесь вносилась в пробирку объемом 0,2 мл белого цвета в стрипах в комплекте с плоскими оптически прозрачными крышками для проведения ПЦР в режиме реального времени. Соблюдался следующий температурный режим: 50°C – 2 минуты, 95°C – 10 минут, 40 циклов 95°C – 15 секунд, 60°C – 1 минуту [1].

Исследование проводилось на анализаторе ПЦР в реальном времени Roche LightCycler 96 (Швейцария). Обработку

данных проводилось в соответствующей лицензионной программе Roche LightCycler 96.

Методика была апробирована на 319 образцах. Животные условно были разделены на 3 группы в зависимости от возраста и физиологического состояния: I - телята (0-12 месяцев); II - нетели (12-20 месяцев); III - коровы дойного стада (от 20 месяцев); IV – навозный сток.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате апробации праймеров установлено, что праймеры (F) 5'-AAAAGAAAGATTTGTAAGGCGCTTAT-3' и (R) 5'-CCCAAGCGTAGACTTTAGTTGATG-3' являются высокочувствительными и специфичными к гену фосфолипазы С альфа-токсина *Clostridium perfringens*. Праймеры сработали при реакции со всеми тремя экспериментальными испытуемыми концентрациями (Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3).

По протоколу исследования в программе анализатора ПЦР в реальном времени Roche LightCycler 96 (Швейцария), положительной оказалась концентрация №3 в стрипе С6. Наблюдался экспоненциальный рост флуоресценции - пороговый цикл по каналу Fam наблюдался на 26,64 цикле амплификации, что говорит о содержании и обнаружении гена фосфолипазы С альфа-токсина (plc) штамма *Clostridium perfringens* в исследуемых образцах.

Таблица 1  
Испытуемая концентрация №1 для ПЦР – РТ

| №      | Компонент                                   | Количество (мкл) |
|--------|---------------------------------------------|------------------|
| 1      | ДНК                                         | 2                |
| 2      | Forward -праймер                            | 2,5              |
| 3      | Reverse -праймер                            | 2,5              |
| 4      | Зонд FAM                                    | 2,5              |
| 5      | ПЦР - смесь                                 | 10               |
| 6      | Вода деионизованная высокой степени очистки | 5                |
| 7      | Taq-полимераза                              | 0,5              |
| Итого: |                                             | 25               |

Таблица 2

## Испытуемая концентрация №2 для ПЦР – РТ

| №      | Компонент                                   | Количество (мкл) |
|--------|---------------------------------------------|------------------|
| 1      | ДНК                                         | 5                |
| 2      | Forward -праймер                            | 2,5              |
| 3      | Reverse -праймер                            | 2,5              |
| 4      | Зонд FAM                                    | 2,5              |
| 5      | ПЦР - смесь                                 | 7                |
| 6      | Вода деионизованная высокой степени очистки | 5                |
| 7      | Taq-полимераза                              | 0,5              |
| Итого: |                                             | 25               |

Таблица 3

## Испытуемая концентрация №3 для ПЦР – РТ

| №      | Компонент                                   | Количество (мкл) |
|--------|---------------------------------------------|------------------|
| 1      | ДНК                                         | 2                |
| 2      | Forward -праймер                            | 1                |
| 3      | Reverse -праймер                            | 1                |
| 4      | Зонд FAM                                    | 1                |
| 5      | ПЦР - смесь                                 | 10               |
| 6      | Вода деионизованная высокой степени очистки | 4,5              |
| 7      | Taq-полимераза                              | 0,5              |
| Итого: |                                             | 20               |

По результатам ПЦР в режиме реального времени установлено, что из 319 образцов 47 имели экспоненциальный рост флуоресценции - пороговый цикл по каналу по FAM каналу на  $26,24 \pm 3,9$  цикле амплификации, что говорит о содержании гена фосфолипазы С альфа-токсина *Clostridium perfringens* в исследуемых образцах. Сигнал флуоресценции в ходе ПЦР возрастал пропорционально количеству продукта амплификации.

В результате апробации праймеров с совершенствованной тест-системой ПЦР установлено, что в I исследуемой группе (телята 0-12 месяцев), где материалом исследования являлось содержимое прямой кишки 13,1% исследуемых проб оказались положительными.

Во II группе (нетели 12-20 месяцев), где материалом исследования являлось содержимое прямой кишки 15,4% исследуемых проб оказались положительными. Во II группе (нетели 12-20 месяцев), где

материалом исследования являлось содержимое ран дистальных конечностей 22,2% исследуемых проб оказались положительными. В III (исследуемой коровы дойного стада от 20 месяцев), где материалом исследования являлось содержимое прямой кишки 18,7% исследуемых проб оказались положительными, как и в группе, где предметом исследования являлось содержимое шейки матки, матки. В III группе (исследуемой коровы дойного стада от 20 месяцев), где материалом исследования являлось содержимое влагалища 3,1% исследуемых проб оказались положительными. В группе коров дойного стада, где предметом исследования служило молоко, 10% исследуемых проб оказались положительными. Гена фосфолипазы С альфа-токсина *Clostridium perfringens* методом ПЦР в режиме реального времени в исследованных 15 пробах молозива обнаружено не было. Из исследованных проб содержимого ран дисталь-

ных конечностей у коров дойного стада 17,6% проб оказались положительными, из проб с содержимым абсцессов на передних задних конечностях 10%. Кроме того, на территории 3 хозяйств исследовался материал из навозного стока – 2 из 3 исследованных проб содержали ген фосфолипазы С альфа-токсина *Clostridium perfringens*.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате разработки и апробации тест-системы установлено, что из 319 образцов 47 имели экспоненциальный рост флуоресценции - пороговый цикл по каналу по FAM каналу на 26,24±3,9 цикле амплификации, что говорит о содержании гена фосфолипазы С альфа-токсина *Clostridium perfringens* в исследуемых образцах. Подобранные праймеры обладают высокой чувствительностью и специфичностью.

Chon J.W., Park J.S., Hyeon J.Y. и др. предложили концентрацию, близкую к концентрации №2, где в реакционную смесь вносится 5 мкл ДНК [1]. В данном исследовании, реакционная смесь с ДНК в количестве 2 мкл имела наибольший рост флуоресценции и положительный результат в автоматическом протоколе исследования ПЦР в режиме реального времени. Кроме того, авторы исследовали чистую культуру, в наших исследованиях использовалась выделенные образцы с помощью комплекта реагентов «ДНК-сорб-В», была выделена ДНК из биологического материала – содержимого кишечника, влагалища, молоко непосредственно из соска, некротизированные или гнойные участки копыт и пальцев, образцы из автоматизированного навозного стока. Данный метод позволяет в существенно более короткий срок провести лабораторную диагностику. Данные исследований, проводимых Erol I., Goncuoglu M., Ayaz N.D. в 2008 году с помощью мультиплексной ПЦР, соответствуют актуальности наших исследований – авторы обнаружили в пробах мяса индейки альфа-токсин *Clostridium perfringens*, в то время как бета (cpb), бета 2 (cpb2), эпсилон (etx), йота (iA) и энтеро- (cpe) ток-

сины ни в одном из изолятов не были обнаружены, что подтверждает повсеместное распространение бактерий и необходимость ранней идентификации [8,9,10].

#### DEVELOPMENT OF A PCR TEST SYSTEM FOR THE DETECTION OF CLOSTRIDIUM PERFRINGENS DNA

Moiseeva K. A., 3rd year postgraduate student of the Department of Microbiology, Virology and Immunology (ORCID: 0000-0003-4526-7430)

St. Petersburg state academy of veterinary medicine

#### ABSTRACT

With the spread of clostridiosis, epidemiological and epizootic safety is violated, the degree of which depends on the immunological status of the animal, therapeutic and preventive measures in the livestock complex, the toxigenicity of the bacterium and the severity of the disease. The *Clostridium perfringens* bacterium is ubiquitous, produces 20 different toxins and pathogenicity factors, one of which is alpha-toxin, which is found in meat and other biological samples, which threatens the biosafety of livestock enterprises, markets, shops, etc. The article is devoted to the development and testing of test- systems for real-time polymerase chain reaction (PCR) to detect the DNA of the gene encoding the alpha-toxin of the *Clostridium perfringens* CP322 strain, which is widespread in the Russian Federation. The synthesis of oligonucleotides proposed by a team of scientists from Korea Chon J.W., Park J.S., Hyeon J.Y., Park C., Song K.Y., Hong K.W., Hwang I.G., Kwak H.S., Seo K.H. in 2012 served as the basis for the creation and testing of the test system [1].

Optimization of the diagnostic technique, selection of the correct concentrations of reagents and DNA in samples from cattle, synthesis of highly specific primers and modernization of the probe molecule formed the basis for the development of a test system, which was tested on 319 samples - biomaterial obtained from cattle. The proposed method of molecular genetic diagnostics will allow veterinarians to timely identify the

causative agent of enterotoxemia in the test samples, make a comprehensive diagnosis based on epizootic, clinical, pathoanatomical and laboratory data, prescribe effective treatment and develop an action plan to prevent the development and spread of infection.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chon, J.W. Development of real-time PCR for the detection of *Clostridium perfringens* in meats and vegetables. / J. W. Chon, J. S. Park, J. Y. Hyeon [и др.] // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2012. – Vol. 22, Is. 4. – P. 530-534. DOI: 10.4014/jmb.1107.07064.
2. Yang, C. C. Clinical significance and outcomes of *Clostridium perfringens* bacteremia --a 10-year experience at a tertiary care hospital. / C. C. Yang, P. C. Hsu, H. J. Chang [и др.]. // *Int J Infect Dis*. – 2013. – Vol. 17, Is. 11. – e955-60. DOI: 10.1016/j.ijid.2013.03.001.
3. Лобзин, Ю. В. Современные представления об этиопатогенетических и генетических особенностях токсинов *Clostridium perfringens* / А. С. Кветная, Н. В. Скрипченко, Л. И. Железова – DOI 10.36233/0372-9311-37. – Текст : электронный // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. – 2021. – Т. 98. – № 1. – С. 91-97. – URL: <https://microbiol.crie.ru/jour/article/view/1304> (дата обращения: 12.10.2022)
4. Козлова, А. Д. Использование молекулярно-генетических методов для типирования *Clostridium perfringens* / А. Д. Козлова, Н. С. Горбачева, О. В. Клименкова [и др.] // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. – Вып. 63. – № 3. – 2017. – С. 188-194.
5. Микробиологическая безопасность мяса, мясных продуктов и пищевых яиц : Учебно-методическое пособие по направлению подготовки 36.04.01 "Ветеринарно-санитарная экспертиза", уровень высшего образования магистратура / Л. И. Смирнова, А. А. Сухинин, Е. И. Приходько [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2018. – 52 с. – EDN MSDYPY.

6. Смирнова, Л. И. Клиническая ветеринарная микробиология: учебное пособие. / Л. И. Смирнова, С. А. Макавчик. – СПб.: ВВМ, 2022. – С. 228.
7. Макавчик, С.А. Лабораторные методы контроля полирезистентных возбудителей бактериальных болезней животных и рационального применения антимикробных препаратов: монография / С. А. Макавчик, А. А. Сухинин, С. В. Енгашев [и др.] // СПб.: Изд-во ВВМ, 2021. – 152 с.
8. Erol I. Molecular typing of *Clostridium perfringens* isolated from turkey meat by multiplex PCR. / M. Goncuoglu, N.D. Ayaz, F.S. Bilir Ormanci, G. Hildebrandt // *Lett Appl Microbiol*. 2008 Jul;47(1):31-4. doi: 10.1111/j.1472-765X.2008.02379.x. Epub 2008 Jun 12.
9. Rood, J. I. Expansion of the *Clostridium perfringens* toxin-based typing scheme. / J. I. Rood, V. Adams, J. Lacey // *Anaerobe*. – 2018. – P. 5-10. DOI: 10.1016/J.anaerobe.2018.04.011.
10. Моисеева, К. А. ПЦР-диагностика штаммов *Clostridium perfringens* в исследуемом материале крупного рогатого скота / К. А. Моисеева, А. А. Сухинин // *Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : материалы XI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 24–25 ноября 2022 года.* – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – С. 275-276.

#### REFERENCES

1. Chon, J.W. Development of real-time PCR for the detection of *Clostridium perfringens* in meats and vegetables. / J. W. Chon, J. S. Park, J. Y. Hyeon [и др.] // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2012. – Vol. 22, Is. 4. – P. 530-534. DOI: 10.4014/jmb.1107.07064.
2. Yang, C. C. Clinical significance and outcomes of *Clostridium perfringens* bacteremia --a 10-year experience at a tertiary care hospital. / C. C. Yang, P. C. Hsu, H. J. Chang [и др.]. // *Int J Infect Dis*. – 2013. – Vol. 17, Is. 11. – e955-60. DOI: 10.1016/



j.ijid.2013.03.001.

3. Lobzin, Yu. V. Modern ideas about the etiopathogenetic and genetic features of *Clostridium perfringens* toxins / A. S. Kvetnaya, N. V. Skripchenko, L. I. Zhelezova - DOI 10.36233/0372-9311-37. – Text: electronic // Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunology. - 2021. - T. 98. - No. 1. - S. 91-97. – URL: <https://microbiol.cric.ru/jour/article/view/1304> (date of access: 10/12/2022)
4. Kozlova, A. D. The use of molecular genetic methods for typing *Clostridium perfringens* / A. D. Kozlova, N. S. Gorbacheva, O. V. Klimenkova [et al.] // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. - Issue. 63. - No. 3. - 2017. - C. 188-194.
5. Microbiological safety of meat, meat products and food eggs: Educational and methodological manual for the direction of preparation 36.04.01 "Veterinary and sanitary examination", the level of higher education magistracy / L. I. Smirnova, A. A. Sukhinin, E. I. Prikhodko [i dr.]. - St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2018. - 52 p. - EDNMSDYPY.
6. Smirnova, L. I. Clinical veterinary microbiology: textbook. / L. I. Smirnova, S. A. Makavchik. - St. Petersburg: VVM, 2022. - S. 228.

7. Makavchik, S.A. Laboratory methods for the control of multiresistant pathogens of bacterial animal diseases and the rational use of antimicrobial drugs: monograph / S. A. Makavchik, A. A. Sukhinin, S. V. Engashev [et al.] // St. Petersburg: Publishing House of VVM, 2021. - 152 p.
8. Erol I. Molecular typing of *Clostridium perfringens* isolated from turkey meat by multiplex PCR. / M. Goncuoglu, N.D. Ayaz, F.S. Bilir Ormanci, G. Hildebrandt // Lett Appl Microbiol. 2008 Jul;47(1):31-4. doi: 10.1111/j.1472-765X.2008.02379.x. Epub 2008 Jun 12.
9. Rood, J. I. Expansion of the *Clostridium perfringens* toxin-based typing scheme. / J. I. Rood, V. Adams, J. Lacey // Anaerobe. - 2018. - P. 5-10. DOI: 10.1016/J.anaerobe.2018.04.011.
10. Moiseeva, K. A. PCR diagnostics of *Clostridium perfringens* strains in the studied material of cattle / K. A. Moiseeva, A. A. Sukhinin // Knowledge of the young for the development of veterinary medicine and agro-industrial complex of the country: materials of the XI international scientific conference of students, graduate students and young scientists, St. Petersburg, November 24–25, 2022. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. - S. 275-276.

УДК: 615.33:619:636.5.034  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.55

## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ *SALMONELLA INFANTIS* К АНТИМИКРОБНЫМ ПРЕПАРАТАМ

Горбанёва А. С. – младший научный сотрудник (ORCID 0000-0003-1128-0020); Юрин Д. В. – к.в.н., заведующий лабораторией (ORCID 0000-0001-9380-4136); Скворцов В. Н. – д. в. н., руководитель филиала (ORMID0000-0002-9629-0000); Лаишевцев А. И. – к. б. н., заведующий лабораторией (ORSID 0000-0002-5050-2274)

ФГБНУ «Федеральный научный центр –Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН»

\*skvn59@yandex.ru

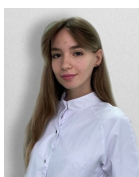
**Ключевые слова:** *Salmonella infantis*, чувствительность, резистентность, анти-микробный препарат, цыплята.

**Keywords:** *Salmonella infantis*, susceptibility, resistance, antimicrobial, chicks.

Поступила: 28.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Нетифоидная *Salmonella enterica subsp. enterica* серотип *infantis* занимает значительное место в этиологической структуре сальмонеллёзов. Также отмечено распространение устойчивых к действию антимикробных препаратов штаммов сальмонелл, что говорит о возрастающей проблеме касательно эпидемиологии заболевания. В работе представлено изучение чувствительности 15 изолятов *S. infantis*, выделенных от больных сальмонеллёзом цыплят, к антибактериальным препаратам различных фармакологических групп: фторхинолонам, аминогликозидам, цефалоспорином, нитрофуранам, тетрациклинам, сульфадимезин/триметоприму (ко-тримоксазолу) и левомицетину. Чувствительность определяли диско-диффузионным методом. Результаты интерпретировались в соответствии с категориями: чувствительный, промежуточное значение чувствительности и устойчивый штамм. При исследовании степени чувствительности *S. infantis* к антимикробным препаратам были получены не однозначные результаты. Данные исследования свидетельствуют о высокой чувствительности выделенных сальмонелл (93-100 % штаммов) к аминогликозидным антибиотикам: канамицину, тобрамицину, нетиллину и амикацину. В то же время только 40% изолятов были чувствительны к неомицину и 79 % – к гентамицину. К стрептомицину 93 % выделенных сальмонелл оказались устойчивыми. В отношении препаратов группы фторхинолонов было установлено, что 87-93 % изолятов были чувствительны к энрофлоксацину и левофлоксацину; 67-73 % – к офлоксацину и ципрофлоксацину. К норфлоксацину и моксифлоксацину 86 % изолированных *S. infantis* были резистентны. К ко-тримоксазолу у 79 %, а к левомицетину у 53 % изолятов выявлена резистентность. Все штаммы сальмонелл оказались устойчивыми к тетрациклину, доксициклину, фуразолидону, фурадонию, цефтазидиму, цефотаксиму.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Птицеводческая промышленность играет важную роль в производстве высококачественных продуктов питания. Большой ущерб этому сельскохозяйственному направлению наносят различные заболевания, особенно бактериальной этиологии. Так же остро стоит вопрос о распространении штаммов микроорганизмов, устойчивых к антимикробным препаратам [1]. Анализ антимикробной активности лекарственных средств обязан послужить системой, позволяющей осуществлять подбор препаратов для лечения инфекционных болезней. Этот факт свидетельствует о том, что тема настоящего исследования, безусловно, актуальна.

В последние годы случаи выявления *Salmonella enterica serovar infantis* (*S. infantis*) из проб, отобранных при сальмонеллёзах людей, а также домашней птицы, участились [3, 4]. Этот микроорганизм в этиологической структуре данного заболевания занимает третье место, уступая лишь *Salmonella enteritidis* и *Salmonella typhimurium* [5].

Микроорганизмы рода *Salmonella* перveenствуют в списке возбудителей массовых вспышек болезней, связанных с потреблением контаминированной пищи. На сегодня эффективность некоторых групп антибиотиков снижена из-за возросшей резистентности микроорганизмов [6]. Нерациональное использование противомикробных препаратов приводит к появлению устойчивых штаммов. Быстрое увеличение числа антибиотикорезистентных бактерий стало приоритетной проблемой человечества.

Всемирная Организация Здравоохранения в 2017 году обнародовала данные о том, что некоторые штаммы сальмонелл, уже резистентны к бета-лактамам, аминогликозидам, тетрациклинам, хлорамфениколу и ко-тримоксазолу. В мире возрастает устойчивость к фторхинолонам, но, на сегодня, она еще не достигла уровня, при котором эти препараты стали бы бесполезны, они остаются препаратами выбора [7].

Значительная циркуляция возбу

дит вызвает беспокойство по поводу распространения штаммов с чрезвычайно высокими показателями устойчивости [3]. Заболевания, которые вызываются резистентными микроорганизмами, плохо поддаются лечению [8]. Это приводит к весомым экономическим потерям [9]. Ущерб в таком случае складывается из падежа птицы, уменьшения мышечной массы, что критически недопустимо при выращивании бройлеров, осуществления карантинных мер и издержек на проведение ветеринарно-санитарных мероприятий. Борьба с сальмонеллезом птиц актуальная задача в ветеринарии для птицеводческой отрасли, общественного здравоохранения и экономики [10].

Базой эффективной терапии заболеваний считается понимание касательно восприимчивости к антибиотикам возбудителя, вызывающего инфекцию [11]. Проблема развития резистентности бактерий – полиэтиологическая, сюда входят такие аспекты как: ветеринарные, экологические, сельскохозяйственные, а также медицинские, поэтому наблюдение за данным вопросом должно проводиться систематически и комплексно [6].

В исследованиях зарубежных авторов [12] указано, что изоляты *S. infantis*, отобранные от цыплят-бройлеров, обладают достаточно контрастной степенью резистентности к противомикробным лекарственным средствам, от чувствительной ко всем исследуемым антимикробным средствам, до устойчивой к большинству лекарственных препаратов. Сформировавшаяся тенденция вызывает беспокойство, так как это грозит негативными последствиями в сфере лечения заразных болезней [13].

Ввиду актуальности проблемы передачи антибиотикорезистентных штаммов в условиях выращивания птиц целью нашей работы стало исследование чувствительности *S. infantis* к антимикробным препаратам.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Определяли чувствительность 15 изолятов *S. infantis*, выделенных от больных

сальмонеллёзом птиц, к антибактериальным препаратам различных фармакологических групп (фторхинолонам, аминогликозидам, цефалоспорином, нитрофуранам, тетрациклином, сульфадимизин/триметоприму (ко-тримоксазолу) и левомицетину). Определение чувствительности проводили диско-диффузионным методом, согласно методическим указаниям по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам МУК 4.2.1890-04. Интерпретацию результатов выполняли по следующим категориям: чувствительный, промежуточное значение чувствительности и

устойчивый штамм. Для диско-диффузионного метода использовали стандартизированные октодиски, которые представляют собой набор из восьми одиночных дисков, радиально прикрепленных к сердцевине и питательную среду (агар Мюллера-Хинтона) фирмы HiMedia Laboratories Pvt. Limited (Индия).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Данные по определению чувствительности *S. infantis* к антимикробным препаратам представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Чувствительность *Salmonella infantis* к антимикробным препаратам

| Антимикробные препараты | Чувствительные |     | Промежуточное значение чувствительности |    | Устойчивые |     |
|-------------------------|----------------|-----|-----------------------------------------|----|------------|-----|
|                         | Кол-во         | %   | Кол-во                                  | %  | Кол-во     | %   |
| Энрофлоксацин           | 14             | 93  | 0                                       | 0  | 1          | 7   |
| Ципрофлоксацин          | 10             | 67  | 4                                       | 26 | 1          | 7   |
| Офлоксацин              | 11             | 73  | 0                                       | 0  | 4          | 27  |
| Норфлоксацин            | 1              | 7   | 1                                       | 7  | 13         | 86  |
| Левифлоксацин           | 13             | 87  | 2                                       | 13 | 0          | 0   |
| Моксифлоксацин          | 1              | 7   | 1                                       | 7  | 13         | 86  |
| Тобрамицин              | 14             | 93  | 1                                       | 7  | 0          | 0   |
| Канамицин               | 14             | 93  | 0                                       | 0  | 1          | 7   |
| Гентамицин              | 12             | 79  | 2                                       | 14 | 1          | 7   |
| Амикацин                | 15             | 100 | 0                                       | 0  | 0          | 0   |
| Стрептомицин            | 1              | 7   | 0                                       | 0  | 14         | 93  |
| Неомицин                | 6              | 40  | 7                                       | 47 | 2          | 14  |
| Нетиллин                | 15             | 100 | 0                                       | 0  | 0          | 0   |
| Цефтазидим              | 0              | 0   | 0                                       | 0  | 15         | 100 |
| Цефотаксим              | 0              | 0   | 1                                       | 7  | 14         | 93  |
| Фуразолидон             | 0              | 0   | 0                                       | 0  | 15         | 100 |
| Фурадонин               | 0              | 0   | 0                                       | 0  | 15         | 100 |
| Доксициклин             | 0              | 0   | 0                                       | 0  | 15         | 100 |
| Тетрациклин             | 0              | 0   | 0                                       | 0  | 15         | 100 |
| Ко-тримоксазол          | 3              | 21  | 0                                       | 0  | 12         | 79  |
| Левомецетин             | 6              | 40  | 1                                       | 7  | 8          | 53  |

Проведенные исследования показали, что среди фторхинолонов наибольшее количество чувствительных штаммов было к энрофлоксацину (93 %) и левофлоксацину (87 %). Интерпретируя результаты исследований по чувствительности сальмонелл к другим препаратам этой группы следует отметить, что к офлоксацину 11 (73 %) штаммов были чувствительны и 4 (27 %) штамма оказались резистентными. В отношении ципрофлоксацина чувствительных было 10 (67 %) изолятов, 4 – имели промежуточные значения чувствительности и 1 (7 %) изолят оказался резистентным. Большинство (86%) выделенных штаммов *S. infantis* оказались устойчивыми к норфлоксацину и моксифлоксацину.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности штаммов сальмонелл к аминогликозидам. Так, к амикацину и нетиллину все выделенные штаммы были чувствительны (100 %). К тобрамицину и канамицину оказались чувствительными 14 (93 %) исследуемых образцов, 1 (7 %) имел промежуточные значения чувствительности к тобрамицину, 1 (7 %) штамм был резистентным к канамицину. К гентамицину у 12 (79 %) изолятов установлена чувствительность, 2 (14 %) штамма имели промежуточные значения и 1 (7 %) штамм оказался резистентным. Чувствительность к неомицину была неоднозначной: так 6 (40 %) изолятов были чувствительны к данному препарату, 7 (47 %) – имели промежуточные значения чувствительности и 2 (14 %) изолята оказались резистентными. К стрептомицину только 1 (7 %) штамм оказался чувствительным, а 14 (93 %) – были резистентными.

При сопоставлении данных о чувствительности и устойчивости *S. infantis* к цефалоспорином, можно констатировать, что к цефтазидиму и цефотаксиму были устойчивы все (100 %) исследуемые *Salmonella enterica* serovar *infantis*. Анализируя чувствительность сальмонелл к нитрофуранам и тетрациклинам, можно отметить, что все изоляты были устойчивы к фуразолидону, фурадонину, доксицик-

лину и тетрациклину. К ко-тримоксазолу у 12 (79 %) изолятов выявлена резистентность, 3 (21 %) штамма были чувствительны.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что к левомицетину у 6 (40 %) выделенных штаммов сальмонелл зарегистрирована чувствительность, у 1 (7 %) – промежуточное значение чувствительности, а к 8 (53 %) образцам установлена устойчивость.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты исследований свидетельствуют о высокой чувствительности выделенных сальмонелл (93-100% штаммов) к аминогликозидам: канамицину, тобрамицину, нетиллину и амикацину. В отношении препаратов группы фторхинолонов было выявлено, что 87-93% изолятов сальмонелл были чувствительны к энрофлоксацину и левофлоксацину.

Все штаммы сальмонелл оказались резистентными к тетрациклину, доксициклину, фуразолидону, фурадонину, цефтазидиму, цефотаксиму; Большинство изолятов *S. infantis* (86-93%) оказались устойчивыми к моксифлоксацину, норфлоксацину и стрептомицину.

#### SUSCEPTIBILITY OF *SALMONELLA* *INFANTIS* TO ANTIMICROBIALS

**Gorbaneva A.S.** – junior researcher (ORCID 0000-0003-1128-0020); **Yurin D.V.** – Ph.D. of Biological Sciences Director of Laboratory (ORCID 0000-0001-9380-4136); **Skvortsov V.N.** – Dr. Vet. sci., Head of Department (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Laishevtsev A.I.** – Ph.D. of Biological Sciences Director of Laboratory (ORCID 0000-0002-5050-2274).

Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre — All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko of Russian Academy of Sciences".

\*skvn59@yandex.ru

#### ABSTRACT

Non-typhoidal *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *infantis*, is an im-



portant aetiological agent of salmonellosis, isolated from poultry products. *Salmonella* strains, resistant to a number of antimicrobials, are becoming quite common and that is an emerging problem in prophylaxis and treatment of the disease. In the present study we deal with 15 strains of *S. infantis*, isolated from chicks with salmonellosis, and their susceptibility to antibacterial drugs of different groups: fluoroquinolones, aminoglycosides, cephalosporins, nitrofurans, tetracyclines, sulfadimidine/trimethoprim and chloramphenicol. The antimicrobial susceptibility was evaluated by disc diffusion assay. The results were identified as follows: susceptible strain, intermediate susceptibility, resistant strain. In the process of evaluating the susceptibility of *S. infantis* to different antimicrobials we obtained ambiguous results. Our data show that the isolates we studied (93-100% of all the strains) were highly sensitive to aminoglycosides namely kanamycin, tobramycin, netillin and amikacin. But only 40% of the isolates were sensitive to neomycin and 79% - to gentamicin. As many as 93% of the isolates proved resistant to streptomycin. As for fluoroquinolones 87-93% of the studied isolates were sensitive to enrofloxacin and levofloxacin; 67-73% of them were sensitive to ofloxacin and ciprofloxacin. As many as 86% of the studied isolates of *S. infantis* were resistant to norfloxacin and moxifloxacin. As many as 79% of the isolates were resistant to cotrimoxazole and 53% of the isolates – to chloramphenicol. All of the studied strains of *Salmonella* proved to be resistant to tetracycline, doxycycline, furazolidone, nitrofurantoin, ceftazidime, cefotaxime.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Забровская, А. В. Пространственная визуализация данных по выделению и чувствительности к антимикробным препаратам штаммов сальмонелл / А. В. Забровская, И. А. Хахаев, В. А. Кузьмин, Л. А. Кафтырева // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – № 1. – С. 43-45.
2. Раицкая, В. И. Эффективность препарата «арговит» для терапии кишечных заболеваний птицы / В. И. Раицкая // Вестник КрасГАУ. – 2022. – №5. С.122-127. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-122-127.
3. Gymoese, P. WGS based study of the population structure of *Salmonella enterica* serovar *Infantis*/ P. Gymoese , K. Kiil , M. Torpdahl // BMC Genomics. – 2019. – 20 (1): 870. DOI: 10.1186/s12864-019-6260-6.
4. García-Soto, S. Emergence of Multidrug-Resistant *Salmonella enterica* Subspecies *enterica* Serovar *Infantis* of Multilocus Sequence Type 2283 in German Broiler Farms / S. García-Soto, M. Y Abdel-Glil, H. Tomaso// Front Microbiol. – 2020. DOI: 10.3389/fmicb.2020.01741.
5. Демин, И. А. Эпидемический процесс и меры профилактики госпитального сальмонеллёза, вызванного *Salmonella infantis*: специальность 14.00.30 – эпидемиология: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. – Кемерово, 2014. – С. 24.
6. Егорова, С. А. Современные тенденции развития устойчивости бактерий рода *Salmonella* к клинически значимым антибиотикам (обзор литературы) / С. А. Егорова, Л. А. Кафтырева // Клиническая лабораторная диагностика. – 2020. – №5. – С.308-315. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-5-308-315>.
7. ВОЗ публикует список бактерий, для борьбы с которыми срочно требуется создание новых антибиотиков/ Всемирная организация здравоохранения // Пресс-релиз ЖЕНЕВА. – 2017. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/detail/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>.
8. Забровская, А. В. Чувствительность к антибиотикам сальмонелл-доминирующих сероваров, выделенных в Северо-Западном федеральном округе РФ в 2004–2018 гг. из различных источников / А.В. Забровская, С.А. Егорова, Н.А. Антипова // Журнал инфектологии. – 2022. – №14(1). – С.131-139.
9. Решетнева, И. Т. Антибиотикорезистентность сальмонелл, выделенных на территории Красноярского края / И. Т. Решетнева, О. В. Перьянова // Гигиена и

санитария. –2015. –№2. – С. 35-38.

10. Даровских, И. А. Изучение устойчивости сальмонелл к антибактериальным препаратам / И. А. Даровских // в сборнике: Актуальные проблемы инфекционной патологии животных и пути их решения. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Дню Белорусской науки и 95-летию кафедры эпизоотологии и инфекционных болезней. Витебск. – 2023. – С.47-49.

11. Сафонова, Н. А. Чувствительность и резистентность *Escherichia coli*, выделенных от животных, к антимикробным препаратам/ Н. А. Сафонова, А. А. Балбuckкая, В. Н. Скворцов [и др.] // Ветеринарная патология. – 2010. – № 2(33). – С. 45-47.

12. Duc V. M. Prevalence of Salmonella in broiler chickens in Kagoshima, Japan in 2009 to 2012 and the relationship between serovars changing and antimicrobial resistance/ V. M. Duc, Y. Nakamoto, A. Fujiwara// BMC Vet Res –2019. – №15 (1): 108. DOI: 10.1186/s12917-019-18.

13. Ефименко, Т. А. Современное состояние проблемы антибиотикорезистентности патогенных бактерий / Т. А. Ефименко, Л. П. Терехова, О. В. Ефременкова // Антибиотики и химиотерапия. 2019. №5-6. – С. 64-68. DOI: 10.24411/0235-2990-2019-10033.

## REFERENCES

1. Zbrovskaya I. A. Hahaev V. A., Kuz'min L. A. Kaftyreva, Prostranstvennaya vizualizaciya dannyh po vydeleniyu i chuvstvitel'nosti k antimikrobnym preparatam shtammov sal'monell [Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии] 2018; 1: 43-45.
2. Raickaya V. I. Effektivnost' preparata «argovit» dlya terapii kishhechnyh zaboлевaniy pticy [Вестник КрасГАУ] 2022; 5: 122-127. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-122-127.
3. Gymoese P., Kiil K., Torpdahl M. WGS based study of the population structure of Salmonella enterica serovar Infantis [BMC Genomics]. 2019; 20 (1): 870. DOI: 10.1186/s12864-019-6260-6.

4. García-Soto, Abdel-Glil M. Y., Tomaso H. S. Emergence of Multidrug-Resistant *Salmonella enterica Subspecies enterica Serovar Infantis* of Multilocus Sequence Type 2283 in German Broiler Farms, [Front Microbiol] 2020. DOI: 10.3389/fmicb.2020.01741.

5. Demin I. A. Epidemicheskij process i mery profilaktiki gospital'nogo sal'monellyoza, vyzvannogo Salmonella infantis: special'nost' 14.00.30 – epidemiologiya, [Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук] 2014: 24.

6. Egorova S. A., Kaftyreva L. A. Sovremennye tendencii razvitiya ustojchivosti bakterij roda Salmonella k klinicheski znachimym antibiotikam (obzor literatury), [Клиническая лабораторная диагностика] 2020; 5: 308-315. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-5-308-315>.

7. VOZ publikuet spisok bakterij, dlya bor'by s kotorymi srochno trebuetsya sozdanie novyh antibiotikov/ Vsemirnaya organizaciya zdavoohraneniya, [Пресс-релиз ЖЕНЕБА] 2017. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/detail/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>.

8. Zbrovskaya A.V., Egorova S.A., Antipova N.A. Huvstvitel'nost' k antibiotikam sal'monell-dominiruyushchih serovarov, vydelenykh v Severo-Zapadnom federal'nom okruge RF v 2004–2018 gg. iz razlichnyh istochnikov, [Журнал инфектологии] 2022; 14 (1):131-139.

9. Reshetneva I. T., Per'yanova O. V. Antibiotikorezistentnost' sal'monell, vydelenykh na territorii Krasnoyarskogo kraja, [Гигиена и санитария] 2015; 2: 35-38.

10. Darovskih I. A., Izuchenie ustojchivosti sal'monell k antibakterial'nym preparatam, [в сборнике: Актуальные проблемы инфекционной патологии животных и пути их решения. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Дню Белорусской науки и 95-летию кафедры эпизоотологии и инфекционных болезней] 2023; 47-49.

11. Safonova N. A., Balbuckaya A. A.,

Skvorcov V. N. CHuvstvitel'nost' i rezistentnost' Escherichia coli, vydelennyh ot zhivotnyh, k antimikrobnym preparatam, [Ветеринарная патология] 2010; 2(33): 45-47.

12. Duc V. M., Nakamoto Y., Fujiwara A. Prevalence of Salmonella in broiler chickens in Kagoshima, Japan in 2009 to 2012 and the relationship between serovars changing and

antimicrobial resistance, [BMC Vet Res] 2019; 15 (1): 108. DOI: 10.1186/s12917-019-18.

13. Efimenko T. A., Terekhova L. P., Efremenkova O. V. Sovremennoe sostoyanie problemy antibiotikorezistentnosti patogennyh bakterij, [Антибиотики и химиотерапия] 2019; 5-6: 64-68. DOI: 10.24411/0235-2990-2019-10033.

УДК: 619:616.98:579.842.14 (571.53)  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.62

## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ STAPHYLOCOCCUS AUREUS В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД С 2012 ПО 2021 ГОДА

Сухинин А.А.<sup>1\*</sup> – д.б.н., профессор (<https://orcid.org/0000-0002-1245-3440>);

Батомункуев А.С.<sup>2</sup> – к.в.н., доцент (<https://orcid.org/0000-0002-2263-6355>)

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

\*sukhininalexandr@mail.ru

**Ключевые слова:** продукты животного и растительного происхождения, стафилококки, классические микробиологические методы, масс-спектрометрия

**Keywords:** products of animal and vegetable origin, staphylococci, classical microbiological methods, mass spectrometry

Поступила: 25.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Одним из основных аспектов контроля качества и безопасности пищевых продуктов является их микробиологическая безопасность. Стафилококки (наряду с листериями и сальмонеллами) во всем мире являются одними из наиболее распространенных возбудителей пищевых отравлений, возникающих в случае употребления в пищу молока, молочных, мясных, рыбных продуктов, кондитерских изделий. Нами проведено исследование пищевой продукции на наличие бактерий рода *Staphylococcus* с 2012 по 2021 гг., с одновременным сравнением стандартных методов исследования и экспресс-анализа на время-пролетном масс-спектрометре Microflex. Объектами исследования служили продукты животного и растительного происхождения: мясо, мясные продукты, рыба, рыбные продукты, икра, молоко, молочные продукты, яйцо, меланж, жир животный, жир растительный, консервы группы А, пресервы и другие продукты. Всего было исследовано 62256 объектов пищевых продуктов. Установлена вариабельность (с тенденцией к снижению) выделения *Staphylococcus spp.* из проб пищевых продуктов в течение анализируемого периода ( $r=-0,473$ ;  $p>0,05$ ). Самый высокий показатель отмечался в 2012 г (6,0%). Изоляты *Staphylococcus spp.* обнаружены в пищевых продуктах 12 наименований. С помощью MALDI-TOF MS проведен сравнительный анализ белковых профилей изолятов *Staphylococcus aureus*. ( $n=272$ ). При сравнении результатов MALDI-TOF MS идентификации с классическими микробиологическими методами определения таксономической принадлежности бактерий полное совпадение получено при определении рода микроорганизма, правильная видовая идентификация установлена для 99% изолятов. Таким образом, мониторинг пищевых продуктов, как аспект надзора за эпизоотической ситуацией в Иркутской области, показал, что бактериальная обсемененность проб пищевых продуктов *S. aureus* составила  $4,00\pm0,07\%$ . При этом *S. aureus* с наибольшей частотой обнаруживались в пробах говядины. Патогены контаминирова-

ли пищевые продукты более 10 наименований. MALDI-TOF MS представляет собой эффективный метод диагностики микроорганизмов в ветеринарии, т.к. сочетает скорость (сокращение времени исследования), точность и высокую воспроизводимость анализа.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одним из основных аспектов контроля качества и безопасности пищевых продуктов является их микробиологическая безопасность. Стафилококки (наряду с листериями и сальмонеллами) во всем мире являются одними из наиболее распространенных возбудителей пищевых отравлений, возникающих в случае употребления в пищу молока, молочных, мясных, рыбных продуктов, кондитерских изделий [1, 2, 3].

Идентификация и количественное определение бактерий в пробах пищевых продуктов в настоящее время основаны на чувствительных, но трудоемких методах. В то же время исследованиями разных авторов показано, что для быстрой идентификации микроорганизмов в пробах пищевых продуктов может быть применен масс-спектральный метод - времяпролетный масс-спектрометрический анализ MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption / Ionization (Матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация); Time Of Flight (времяпролетный) [4].

Следует отметить, что в последнее время метод идентификации по белковым профилям микроорганизмов или прямое белковое профилирование все чаще применяется наряду с классическими и молекулярно-генетическими методами идентификации различных микроорганизмов [5, 6]. Данный метод отличается быстротой проведения [7], высокой производительностью [8] и более низкой себестоимостью анализа [9]. MALDI-TOF является наиболее часто используемым масс-спектральным методом для быстрого анализа бактерий. Технология MALDI-TOF стала использоваться для быстрой идентификации видовой принадлежности микроорганизмов с 2000-х гг.

Целью наших исследований явился

микробиологический мониторинг пищевой продукции на наличие бактерий рода *Staphylococcus* с 2012 по 2021 гг. и сравнение стандартных методов исследования и экспресс-анализа на времяпролетном масс-спектрометре Microflexe.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Объектами исследования служили продукты животного и растительного происхождения: мясо (конина, говядина, баранина, свинина, птица), мясные продукты, рыба, рыбные продукты, икра, молоко, молочные продукты, яйцо, мекланж, жир животный, жир растительный, консервы группы А, пресервы и прочие продукты (яичный порошок, кондитерские изделия, хлебобулочные изделия, салаты). Всего было исследовано 62256 объектов пищевых продуктов.

Выявление микроорганизмов в пробах пищевых продуктов классическим способом проводилось следующим образом: *Staphylococcus aureus* – согласно ГОСТ 30347-97 «Межгосударственный стандарт. Молоко и молочные продукты. Методы определения *Staphylococcus aureus*», ГОСТ 31746-2012 «Межгосударственный стандарт. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*», ГОСТ 32149-2013 «Межгосударственный стандарт. Пищевые продукты переработки яиц сельскохозяйственной птицы», по техническому регламенту Таможенного союза (ТР ТС) 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (от 01.07.2013 г), ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» (от 09.10.2013 г); а также по Единым санитарно-эпидемиологическим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

При исследовании пищевых продуктов на выявление *S. aureus* проводился (с предварительным обогащением) посев на агаризованные селективно-



диагностические среды с последующим подтверждением выросших колоний по плазмокоагулирующей способности, микроскопия по методу Грама.

Белковое профилирование штаммов, выделенных из пищевых продуктов, проводилось на масс-спектрометре MALDI TOF-MS Microflex «Bruker Daltonik GmbH» (программа «MALDI Biotyper Real Time Classification (RTC) 3.0»). Для идентификации микроорганизмов использовалась база данных, включающая до 5600 известных штаммов микроорганизмов (Руководство пользователя MALDI Biotyper 3.0). Проведено белковое профилирование 272 изолятов, выделенных из проб пищевых продуктов различных наименований *Staphylococcus aureus* ( $n = 272$ ).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

На выявление *Staphylococcus spp.* исследовано 62256 объектов пищевых продуктов. Количество проб, при исследовании которых выделен *S. aureus*, составило  $4,00 \pm 0,07\%$ . Более высокий процент

нестандартных проб отмечен при исследовании проб говядины, баранины и мяса других видов животных (на уровне 12-13%). Более низкой была контаминация проб мяса конины, пресервов и продуктов, относящихся к группе «прочие» (около 2%). Минимальное количество неудовлетворительных проб отмечено при исследовании проб рыбы, рыбных, мясных, молочных продуктов, а также мяса птицы и свинины (рис. 1).

Установлена вариабельность (с тенденцией к снижению) выделения *Staphylococcus spp.* из проб пищевых продуктов в течение анализируемого периода ( $r = -0,473$ ;  $p > 0,05$ ). Самый высокий показатель отмечался в 2012 г (6,0%). В 2013-2014 гг. количество нестандартных проб составило 1,2-1,5%; в последующие годы имело место снижение показателя (менее 1%). В то же время в 2021 г контаминация проб пищевых продуктов стафилококками возросла до 2,5% (рис. 2).

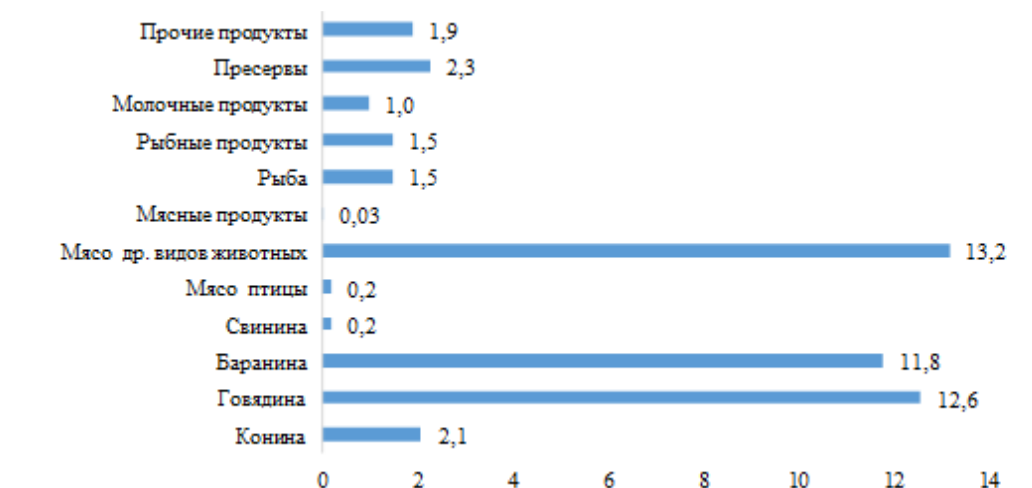


Рис. 1 – Процент обнаружения *Staphylococcus aureus* в различных пищевых продуктах (2012-2021 гг.)

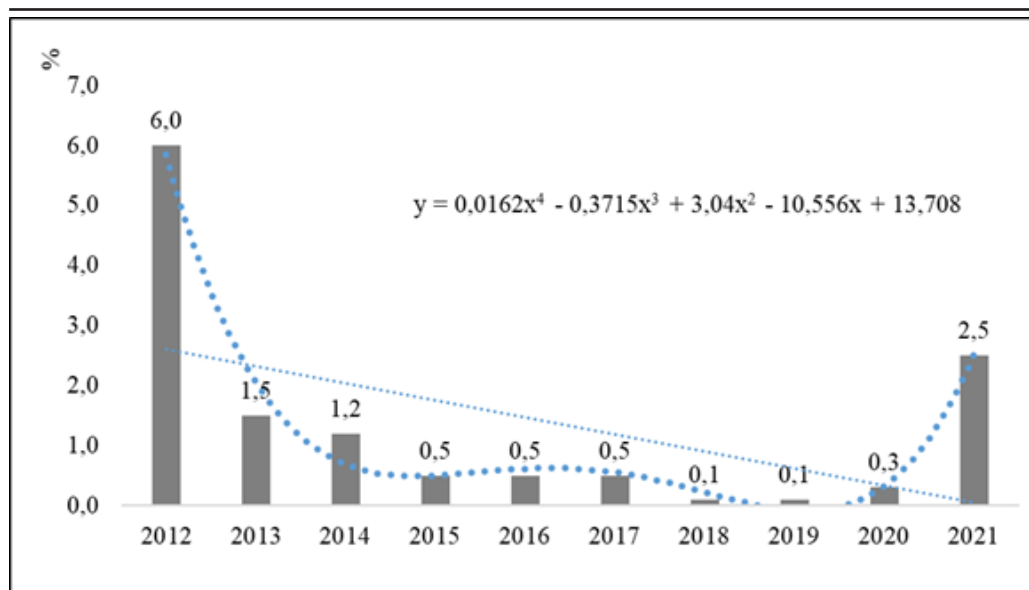


Рис. 2 – Динамика выделения *Staphylococcus aureus* в пробах пищевых продуктов в 2012-2021 гг., %

Установлена вариабельность (с тенденцией к снижению) выделения *Staphylococcus spp.* из проб пищевых продуктов в течение анализируемого периода ( $r=-0,473$ ;  $p>0,05$ ). Самый высокий показатель отмечался в 2012 г (6,0%). В 2013-2014 гг. количество нестандартных проб составило 1,2-1,5%; в последующие годы имело место снижение показателя (менее 1%). В то же время в 2021 г контаминация проб пищевых продуктов стафилококками возросла до 2,5% (рис. 2).

Анализ выявления *Staphylococcus spp.* из пищевых продуктов различных наименований показал, что имело место значимое снижение количества неудовлетворительных проб при исследовании образцов говядины ( $r=-0,906$ ;  $p<0,01$ ), свинины ( $r=-0,774$ ;  $p<0,01$ ) и мяса других видов животных ( $r=-0,655$ ;  $p<0,05$ ).

Так, обнаружение *Staphylococcus spp.* в пробах говядины снизилось с 40,0% в 2012 г до  $6,9\pm 2,0\%$  в 2018 году. В 2013-2015 гг. данный показатель находился на уровне 20%; в 2016 г снизился до 6,8%; в 2017 г показатель со-

ставлял 12,7%; в 2019-2020 гг. положительные пробы не выявлены. Обнаружение стафилококков в пробах свинины уменьшилось с 17,9% в 2012 г до 0,01% в 2018 году. При этом в 2013 г показатель был наиболее высоким – 32,9%; в 2014 г и 2016 г составил около 10%; в 2017 г и 2019-2021 гг. неудовлетворительных проб свинины не выявлено.

В то же время имела место тенденция к повышению выделения *S.aureus* в пробах молочных, мясных продуктов, а также пресервов. Так, в образцах молочных продуктов в 2012 г *Staphylococcus spp.* не обнаружены; в 2014 г количество неудовлетворительных проб молочных продуктов увеличилось до 1,6%, а в 2015-2019 гг. – снизилось и не превышало 0,3-0,6%. В 2019 г данный показатель увеличился до 1,6%; а в 2021 г. был максимальным и составил 15,7% ( $r=0,540$ ;  $p>0,05$ ). В пробах мясных продуктов обнаружение стафилококков в первой половине исследования не превышало 0,1%; в 2020 г – увеличилось до 2,5% ( $r=0,421$ ;  $p>0,05$ ).

Изменение количества нестандартных образцов по другим видам продуктов (баранина, рыба, рыбные продукты, про-

чие продукты) носило переменный характер. Так, обнаружение стафилококков в пробах рыбы увеличилось с 1,1% в 2013 г до 7,1% в 2017 г, однако в последующие годы в пробах рыбы *Staphylococcus spp.* не были установлены ( $r=-0,110$ ;  $p>0,05$ ). При исследовании рыбных продуктов в 2012 г нестандартных проб не выявлено; в 2013-2014 гг. данный показатель был наиболее высоким и находился на уровне 3%; в 2015 г снизился до 0,89% с последующим повышением в 2019 г (до 2,5%) и 2021 г (до 2,7%). В остальные годы *Staphylococcus spp.* в пробах рыбных продуктов не были выявлены ( $r=-0,007$ ;  $p>0,05$ ). Количество нестандартных проб продуктов, входящих в группу «прочие», в течение 2012-2017 гг. уменьшилось (с 3,6% до 0,2%); а в 2018-2020 гг., напротив, отмечалось его увеличение (до максимального уровня в 2002 г -14,1%) с последующим снижением в 2021 г (0,9%) ( $r=0,333$ ;  $p>0,05$ ).

Изоляты *Staphylococcus spp.* обнаружены в пищевых продуктах 12 наименований. В частности, в 2012 г *Staphylococcus spp.* были изолированы при исследовании проб конины, говядины, свинины, мяса других видов мяса и прочих продуктов; в 2013 и 2016 гг. – говядины, баранины, свинины, рыбы, рыбных, молочных и прочих продуктов; в 2014 г – проб говядины, свинины, рыбы, мясных, рыбных, молочных и прочих продуктов; в 2015 г – говядины, свинины, рыбы, молочных и прочих продуктов; в 2017 г – проб говядины, мяса птицы, рыбы, молочных и прочих продуктов, в 2018 г – при исследовании образцов говядины, свинины, молочных и прочих продуктов; в 2019 г – пресервов, рыбных, молочных и прочих продуктов; в 2020 г - мясных, молочных и прочих продуктов; в 2021 г – говядины, мясных, рыбных, молочных, прочих продуктов, а также пресервов.

Таким образом, перечень пищевых продуктов, при исследовании которых были выделены *S.aureus*, несколько расширился (с пяти наименований в 2012 г до шести наименований в 2021 г).

Наиболее часто *S.aureus* выделяли при

исследовании образцов продуктов, входящих в группу «прочие» (в течение десяти лет) и говядины (в течение восьми лет). Реже стафилококки обнаруживали в пробах свинины (шесть лет), рыбы, рыбных и молочных продуктов (пять лет), мясных продуктов (три года), баранины и пресервов (в течение двух лет). В образцах конины, мяса птицы и мяса других видов животных *Staphylococcus spp.* обнаруживали только в течение одного года.

Доминирующую часть ( $p<0,05$ ) продуктов, при бактериологическом исследовании которых были обнаружены *S.aureus*, составили образцы говядины (40,3±2,7%) (рис 3).

Около 17% всех неудовлетворительных результатов составили пробы свинины и продукты, входящие в группу «прочие»; около 8% – молочные продукты. Доли пищевых продуктов других наименований, при исследовании которых были получены положительные результаты по микробиологическим показателям, варьировали от 0,3±0,09% (образцы конины, мяса птицы) до 6,4±1,3% (пробы рыбы).

Следует отметить, что в настоящее время идентификация и количественное определение бактерий в пищевых продуктах основаны на чувствительных, но трудоемких методах. Обычная диагностика бактериальных инфекций в жидкостях организма проводится на основе биохимического и метаболического профилирования, для чего требуется 24-48 часов для идентификации бактериальных видов. В то же время система обеспечения безопасности пищевых продуктов требует использования быстрых, высокочувствительных и эффективных методов микробиологического анализа [10]. В последние годы начали применяться современные методы идентификации, в частности, экспресс-анализ на основе масс-спектрометрии [11, 12, 13].

В ходе выполнения работы при проведении ветеринарно-санитарной экспертизы пищевой продукции в рамках микробиологического мониторинга с использо-

ванием времяпролетной масс-спектрометрии с матричной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF MS) были проанализированы штаммы бактериальных культур из проб пищевых продуктов разных наименований и результаты сопоставлены с результатами, полученными классическими микробиологическими методами. С помощью MALDI-TOF MS проведен сравнительный анализ белковых профилей *Staphylococcus spp.*. Экспресс-анализу методом масс-спектрометрии подлежали изоляты *Staphylococcus aureus* ( $n=272$ ), выделенные при исследовании проб пищевых продуктов в период с 2017 г до 2019 г. При сравнении результатов MALDI-TOF

MS идентификации с классическими микробиологическими методами определения таксономической принадлежности бактерий полное совпадение получено при определении рода микроорганизма, правильная видовая идентификация установлена для 99% изолятов.

Таким образом, проведенные исследования позволили оценить качество пищевых продуктов и их безопасность в отношении бактерий рода *Staphylococcus*. Показано, что MALDI-TOF MS представляет собой эффективный метод диагностики микроорганизмов в ветеринарии, т.к. сочетает скорость (сокращение времени исследования), точность и высокую воспроизводимость анализа.

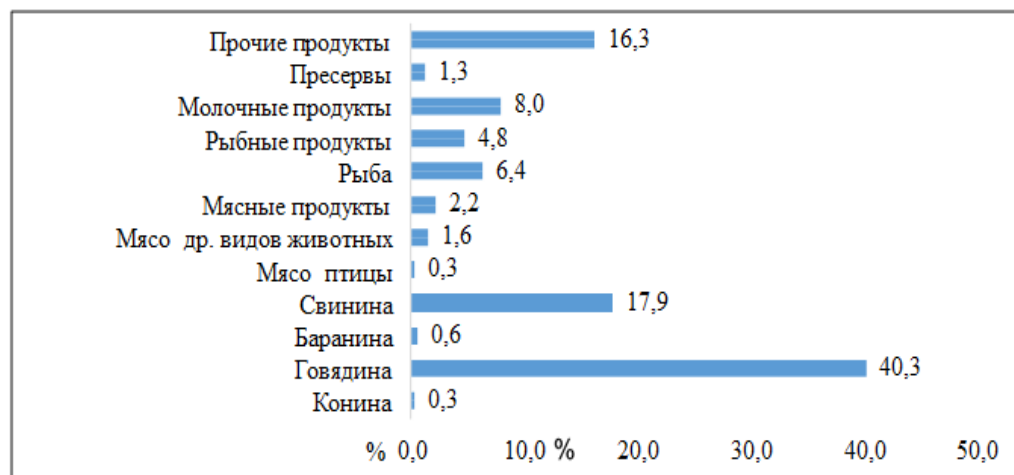


Рисунок 3 – Спектр пищевых продуктов, при исследовании которых обнаружены *Staphylococcus aureus* в 2012-2021 гг. (доля в %)

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Нами проведено исследование пищевой продукции на наличие бактерий рода *Staphylococcus* с 2012 по 2021 гг., с одновременным сравнением стандартных методов исследования и экспресс-анализа на времяпролетном масс-спектрометре Microflex. Мониторинг пищевых продуктов, как аспект надзора за эпизоотической ситуацией в Иркутской области, показал, что бактериальная обсемененность проб пищевых продуктов *S. aureus* составила

$4,00 \pm 0,07\%$ . При этом *S. aureus* с наибольшей частотой обнаруживались в пробах говядины. Патогены контаминировали пищевые продукты более 10 наименований. Показано, что MALDI-TOF MS представляет собой эффективный метод диагностики микроорганизмов в ветеринарии, т.к. сочетает скорость (сокращение времени исследования), точность и высокую воспроизводимость анализа.

**PREVALENCE OF STAPHYLOCOCCUS AUREUS IN FOOD PRODUCTS IN THE IRKUTSK REGION IN THE PERIOD FROM 2012 TO 2021**

**Sukhinin A.A.** \* - Doctor of Biological Sciences, Professor (<https://orcid.org/0000-0002-1245-3440>) St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, **Batomunkuev A.S.** - Ph.D., Associate Professor (<https://orcid.org/0000-0002-2263-6355>) Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky"

\*sukhininalexandr@mail.ru

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Горяинова, Г.М. Индикация *Staphylococcus aureus* методами ДНК - диагностики в молоке и молочных продуктах: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 16.00.06 / Галина Михайловна Горяинова; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т ВСГЭ РАСХН]. - Москва, 2004. - 22 с.
2. Замбрицкий, О.Н. Пищевые отравления, их профилактика и расследование: учеб.-метод. пособие / О. Н. Замбрицкий, В. М. Колосовская. - 2-е изд. Минск: БГМУ, 2010. - 68 с.
3. Batomunkuev, A.S. Livestock salmonellosis in the region / A.S. Batomunkuev, A.A. Sukhinin, I.I. Silkin, V.N. Tarasevich // BIO Web of Conferences International Scientific-Practical Conference Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. - 2020. - P. 00225
4. Angelakis, E. Rapid and accurate bacterial identification in probiotics and yoghurts by MALDI-TOF mass spectrometry / E. Angelakis, M. Million, M. Henry, D. Raoult // J. Food Sci.- 2011.- №76.- P.568-571.- doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02369
5. Calderaro, A. Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight (MALDI-TOF) mass spectrometry applied to virus identification / A. Calderaro, MC. Archangeletti, I. Rodighiero, M. Buttrini // Sci. Rep.-2014.-№4.- P. 6803. -doi: 10.1038/srep06803
6. Identification of microorganisms by mass spectrometry / edited by Charles L. Wilkins, Jackson O. Lay, Jr. University of Arkansas, Fayetteville, AR, 2006.- 345 p.
7. Jamal, W. Rapid identification of pathogens directly from blood culture bottles by Bruker matrix-assisted laser desorption laser ionization-time of flight mass spectrometry versus routine methods / W. Jamal, R. Saleem, V.O Rotimi // Diagn Microbiol Infect Dis.- 2013.- №76(4).- P.404-408.- doi:10.1016/j.diagmicrobio.
8. Юшина, Ю.К. Перспективы применения MALDI-TOF масс-спектрометрического анализа в пищевой микробиологии / Ю.К. Юшина, Д.С. Батаева, Н.А. Насыров, Е.В. Зайко, М.А. Грудистова // Все о мясе. - 2021. - № 4. - С. 56-58. doi: 10.21323/2071-2499-2021-4-56-58.
9. Демидов, Е.А. Применение малди времяпролетной масс-спектрометрии для идентификации микроорганизмов / Е.А. Демидов, К.В. Старостин, В.М. Попик // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2013.- Т. 17.- № 4(1) -. С. 758-764.
10. Ефимочкина, Н.Р. Новые бактериальные патогены в пищевых продуктах: экспериментальное обоснование и разработка системы контроля с применением методов микробиологического и молекулярно-генетического анализа: автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 14.02.01 / Наталья Рамазановна Ефимочкина; [Место защиты: Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН]. - Москва, 2010. - 48 с.
11. Плиска, А.А. Микробиологический мониторинг пищевых продуктов на сальмонеллез при использовании масс-спектрометра Microflexe в Иркутской области / А.А. Плиска, Н.И. Рядинская, А.С. Батомункуев, В.Н. Дзюбин // Вестник ИрГСХА.- 2018.- №87.- С. 148-154
12. Плиска, А.А. Микробиологический мониторинг пищевых продуктов на листериоз при использовании масс-спектрометра Microflexe / А.А. Плиска, Н.И. Рядинская, А.С. Батомункуев, В.Н. Дзюбин // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат. VII междунар.



науч.-прак. конф. 24-26 мая 2018 г.- Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2018. - С. 111-118

13. Хаффарсесас, Я. Современные методы идентификации микроорганизмов / Ясен Хаффарсесас // Новый взгляд. Международный научный вестник: сб. научных трудов. - Новосибирск, 2017. - С. 6-14.

## REFERENCES

1. Goryainova, G.M. Indication of *Staphylococcus aureus* by DNA diagnostic methods in milk and dairy products: Abstract of the thesis. dis. ... cand. biol. Sciences: 16.00.06 / Galina Mikhailovna Goryainova; [Place of protection: Vseros. scientific research in-t VSGE RAAS]. - Moscow, 2004. - 22 p. (In Russ.)
2. Zambrzhitsky, O.N. Food poisoning, their prevention and investigation: textbook.-method. allowance / O. N. Zambrzhitsky, V. M. Kolosovskaya. - 2nd ed. Minsk: BSMU, 2010. - 68 p. (In Russ.)
3. Batomunkuev, A.S. Livestock salmonellosis in the region / A.S. Batomunkuev, A.A. Sukhinin, I.I. Silkin, V.N. Tarasevich // BIO Web of Conferences International Scientific-Practical Conference Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. - 2020. - P. 00225
4. Angelakis, E. Rapid and accurate bacterial identification in probiotics and yoghurts by MALDI-TOF mass spectrometry / E. Angelakis, M. Million, M. Henry, D. Raoult // J. Food Sci.- 2011.- No. 76.- P.568-571.- doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02369
5. Calderaro, A. Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight (MALDI-TOF) mass spectrometry applied to virus identification / A. Calderaro, MC. Archangeletti, I. Rodighiero, M. Buttrini // Sci. Rep.-2014.-№4.- R. 6803.-doi: 10.1038/srep06803
6. Identification of microorganisms by mass spectrometry / edited by Charles L. Wilkins, Jackson O. Lay, Jr. University of Arkansas, Fayetteville, AR, 2006.- 345 p.
7. Jamal, W. Rapid identification of pathogens directly from blood culture bottles by Bruker matrix-assisted laser desorption laser ionization-time of flight mass spectrometry versus routine methods / W. Jamal, R. Saleem, V.O Rotimi // Diagn Microbiol Infect Dis .- 2013.- No. 76(4).- P.404-408.- doi:10.1016/j.diagmicrobio.
8. Yushina, Yu.K. Prospects for the use of MALDI-TOF mass spectrometric analysis in food microbiology / Yu.K. Yushina, D.S. Bataeva, N.A. Nasyrov, E.V. Zaiko, M.A. Grudistova // All about meat. - 2021. - No. 4. - P. 56-58. doi: 10.21323/2071-2499-2021-4-56-58. (In Russ.)
9. Demidov, E.A. The use of Maldi time-of-flight mass spectrometry for the identification of microorganisms / E.A. Demidov, K.V. Starostin, V.M. Popik // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. - 2013.- Vol. 17.- No. 4(1) -. pp. 758-764. (In Russ.)
10. Efimochkina, N.R. New bacterial pathogens in food products: experimental substantiation and development of a control system using microbiological and molecular genetic analysis methods: Ph.D. diss. ... doc. biol. Sciences: 14.02.01 / Natalya Ramazanovna Efimochkina; [Place of protection: Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene. A.N. Sysina RAMN]. - Moscow, 2010. - 48 p. (In Russ.)
11. Pliska, A.A. Microbiological monitoring of food products for salmonellosis using a Microflex mass spectrometer in the Irkutsk region / A.A. Pliska, N.I. Ryadinskaya, A.S. Batomunkuev, V.N. Dzyubin // Bulletin of the IrGSHA.- 2018.- No. 87.- P. 148-154 (In Russ.)
12. Pliska, A.A. Microbiological monitoring of food products for listeriosis using a Microflex mass spectrometer / A.A. Pliska, N.I. Ryadinskaya, A.S. Batomunkuev, V.N. Dzyubin // Climate, ecology, agriculture of Eurasia: mat. VII intern. scientific-practical conf. May 24-26, 2018 - Irkutsk: Irkutsk GAU Publishing House, 2018.- P. 111-118 (In Russ.)
13. Haffarsessas, J. Modern methods of identification of microorganisms / Yasen Haffarsessas // New look. International Scientific Bulletin: Sat. scientific works. - Novosibirsk, 2017. - P.6-14. (In Russ.)

УДК: 615.28.015.8:579.861.2

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.70

## УСТОЙЧИВОСТЬ К АНТИМИКРОБНЫМ ПРЕПАРАТАМ СТАФИЛОКОККОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МОЛОКА ПРИ ИНФЕКЦИОННЫХ МАСТИТАХ КОРОВ

**Макавчик С.А.** \* – д. вет.н., доц.каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии (orcid.org/ 0000-0001-5435-8321), **Павлова В.С.** – студ.факультета ветеринарной медицины

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», Санкт-Петербург, Российская Федерация

\*groza81@mail.ru

**Ключевые слова:** *Staphylococcus aureus*, антимикробные препараты, антибиотикорезистентность, вирулентность, мастит

**Keywords:** *Staphylococcus aureus*, antimicrobials, antibiotic resistance, virulence, mastitis

**Благодарности:** Работа выполнена в соответствии с тематическим планом-заданием на выполнение НИР по заданию Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2023 году.

Поступила: 02.05.2023

Принята к публикации: 20.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Анализ антибиотикограмм, интерпретация результатов и лабораторный контроль за механизмами антибиотикорезистентности *Staphylococcus aureus*, как возбудителя инфекционных маститов коров, необходим для успешной фармакотерапии животных. Цель исследования – изучение антибиотикорезистентности бактерий *Staphylococcus aureus*, выделенных из молока коров при инфекционных маститах.

В период с 2021 по 2022 год из молока коров при инфекционных маститах было выделено 100 изолятов, среди них обнаружено грамположительных *Staphylococcus aureus* в 16% случаев выделения.

При интерпретации антибиотикограммы установлено, что штаммы *Staphylococcus aureus* чувствительны к цефалоспорином, аминогликозидам линкозамидам, тетрациклам в 100% случаев выделения, к бензилпенициллинам - 81%.

Резистентность штаммов *Staphylococcus aureus*, выделенных из молока коров при инфекционном мастите, к ампициллину, амоксициллину, бензилпенициллину – 19 %, эритромицину – 12, 5% приводит к их ограниченному применению, что сокращает возможности терапии и сказывается на экономическом состоянии сельского хозяйства.

Таким образом, по результатам лабораторного исследования получены новые данные о возникновении и распространении полирезистентных возбудителей *Staphylococcus aureus* – возбудителей инфекционного мастита с целью коррекции лечебно-диагностических мероприятий в ветеринарной практике.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

*Staphylococcus aureus* могут обнаруживаться в составе нормальной микрофлоры кожи животных, но также они способны вызывать развитие различных патологических процессов, таких как абсцессы, бронхиты, пиемии, септицемии, эндометриты, маститы и др. [3, 4, 5, 13].

Бактериальный фактор имеет основное значение в этиологии мастита. К микроорганизмам, чаще всего выделяемым при маститах у крупного рогатого скота, относится *Staphylococcus aureus* [1, 6].

Патогенность *S. aureus* обусловлена наличием экзотоксинов, эндотоксинов, экзоферментов, способностью образовывать биопленку. *S. aureus* выделяет большое количество различных экзотоксинов, которые подразделяются на три группы: цитотоксины, суперантигены и цитотоксические ферменты. К цитотоксинам относятся  $\alpha$ -токсин ( $\alpha$ -гемолизин), который вызывает лизис многих клеток, включая клетки крови, эндотелия, эпителия. Также к цитотоксинам относятся лейкоцидины, действие которых направлено на лейкоциты. Суперантигены представляют группу экзотоксинов, влияющих на иммунитет животного. Т-клеточные суперантигены предотвращают выработку функционального адаптивного иммунитета, В-клеточные суперантигены препятствуют выработке специфических антител. К цитотоксическим ферментам, выделяемым *S. aureus* относятся  $\beta$ -гемолизин и эпидермолитические токсины [15].

Экзоферменты, выделяемые *S. aureus*, включают коагулазу, гиалуронидазу, дезоксирибонуклеазу, липазы, нуклеазы, протеазы, фермент, модифицирующий жирные кислоты [7, 14].

Образование биопленки способствует длительному сохранению микроорганизмов и обуславливает хроническое течение инфекционных процессов, обеспечивая устойчивость *S. aureus* к иммунным реакциям организма животного и действию антибиотиков [8, 15, 16].

Серьезной проблемой является появление метициллин-резистентные *S. aureus* (MRSA), обладающих устойчивостью к

пенициллинам и большинству других  $\beta$ -лактамов антибиотиков. Метициллинрезистентные стафилококки имеют специфический ген - *mecA*, который локализован в сложноорганизованном мобильном элементе стафилококковой хромосомной кассете (*staphylococcal cassette chromosome mecSC C mec*), кодирует измененный пенициллинсвязывающий белок (РВР2а). Продукция этого низкоаффинного пенициллинсвязывающего белка обеспечивает высокую устойчивость практически ко всем производным бета-лактама, включая такие, как: карбапенемы, цефалоспорины, пенициллины, потенцированные пенициллины (например, амоксициллин и клавулановая кислота) [13].

Штаммы *S. aureus* зоонозного происхождения (LA-MRSA) могут передаваться между животными разных видов и людьми [2, 9, 17, 18].

Устойчивость *S. aureus* к антибактериальным препаратам может быть обусловлена различными механизмами, в том числе такими как наличие ферментов, изменение проницаемости внешней мембраны, наличие эффлюкс-системы [12,13].

Антибиотикорезистентность *S. aureus* является актуальной проблемой, так как продукты животного происхождения часто контаминированы резистентными стафилококками, что способствует передаче генов устойчивости к антибактериальным препаратам стафилококкам организма человека или плотоядных животных [8,10,11].

**Цель исследования** – изучение антибиотикорезистентности бактерий *Staphylococcus aureus*, выделенных из молока коров при инфекционных маститах.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Отбор проб и исследования проводили в соответствии с «Методическими указаниями по бактериологическому исследованию молока и секрета вымени коров» [9].

Первичные посевы биоматериала делали по секторам на колумбийский агар с

бараньей кровью, мясопептонный агар (МПА) 6,5% соли, ГРМ-агар, инкубировали при 37°C в течение 24 часов.

Изучали морфологические, культурально-биохимические и патогенные свойства. Для последующей идентификации стафилококков до вида применяли тест-системы: STAPHtest 24 («Erba Lachema», Чешская Республика).

Каталазную активность определяли с использованием 3%-й перекиси водорода, коагулазную активность с применением плазмы кроличей цитратной сухой (ЗАО «ЭКОлаб», Россия). Гемолитическую активность изучали путем посева стафилококка на кровяной агар, лецитиназную активность на среде желточно-солевом агаре. Исследование по ферментации маннита проводили на маннитол-солевом агаре (Оболенск, Россия).

Чувствительность к антибиотикам из

групп цефалоспоринов, аминогликозидов, линкозамидов, тетрациклинов, бензилпенициллинов, макролидов определяли диско-диффузионным методом и интерпретацию результатов антибиотикорезистентности провели с учетом рекомендаций EUCAST (Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам), версия 10.0 [14,15].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В период с 2021 по 2022 год из молока коров больных инфекционным маститом в ходе работы выделены 100 изолятов, из них идентифицированы *Staphylococcus aureus* в 16% случаев выделения.

Представленные в табл.1 данные показывают, что все исследуемые изоляты *Staphylococcus aureus* обладали факторами патогенности: гемолизины; экзоферменты (плазмокоагулаза, липаза) (табл.1).

**Таблица 1**  
**Важность некоторых факторов патогенности изолятов *Staphylococcus aureus***

| Изолят                              | Каталаза | Коагулаза | Лецитиназа | Ферментация маннита | Гемолиз |
|-------------------------------------|----------|-----------|------------|---------------------|---------|
| <i>Staphylococcus aureus</i> (n=13) | +        | +         | +          | +                   | β       |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (n=3)  | +        | +         | +          | +                   | α       |

Эритромицин использован для определения чувствительности к азитромицину, кларитромицину и рокситромицину;

Бензилпенициллин использовали, как индикаторный препарат для определения чувствительности *S. aureus* ко всем пенициллинам, в том числе к амоксициллину.

Тетрациклин использовали, как индикаторный препарат для определения чувствительности *S. aureus* ко всем тетрациклинам. Однако, некоторые изоляты, резистентные к тетрациклину, могут быть чувствительными к доксициклину.

Цефокситин, как индикаторный препарат для определения чувствительности к бета-лактамам препаратам и цефалоспорином.

При интерпретации антибиотикограммы большинство изолятов *Staphylococcus aureus* чувствительны к цефокситину

(n=16), гентамицину (n=16), клиндамицину (n=16), тетрациклину (n=16), тобрамицину (n=16), эритромицину (n=14), ампициллину (n=13), амоксициллину (n=13), бензилпенициллину (n=13), а также резистентны к ампициллину (n=3), амоксициллину (n=3), бензилпенициллину (n=3), эритромицину (n=2) (табл.2).

Таким образом, штаммы *Staphylococcus aureus* устойчивы к препаратам одной и двух групп, соответственно.

Однако, появление полирезистентности *Staphylococcus aureus* к различным группам антибактериальных средств может привести к ограниченному применению антибиотиков, что существенно сокращает возможности терапии и сказывается на экономическом состоянии сельского хозяйства.

Таблица 2  
Антибиотикорезистентные профили *Staphylococcus aureus*

| Изолят \ АМП                        | Бензилпенициллин | Ампициллин | Амоксициллин | Цефокситин | Эритромицин | Клиндамицин | Гентамицин | Тобрамицин | Тетрациклин |
|-------------------------------------|------------------|------------|--------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|
| <i>Staphylococcus aureus</i> (n=13) | Ч                | Ч          | Ч            | Ч          | Ч           | Ч           | Ч          | Ч          | Ч           |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (n=1)  | Р                | Р          | Р            | Ч          | Ч           | Ч           | Ч          | Ч          | Ч           |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (n=2)  | Р                | Р          | Р            | Ч          | Р           | Ч           | Ч          | Ч          | Ч           |

Примечание: Р – резистентность, Ч-чувствительность.

Полученные нами исследования свидетельствуют о чувствительности *Staphylococcus aureus* к тетрациклинам и коррелируют с данными, полученными ранее в Российской Федерации и с тенденцией к тому, что наиболее используемые противомикробные препараты в ветеринарной медицине – тетрациклины, которые занимают 40,5% от общего количества [1, 8, 16, 17].

Микробиологическому ранжированию стафилококков как возбудителей гнойно-септических болезней животных в ветеринарной практике отводится главная роль в определении стратегии и тактики использования антимикробных препаратов [3,4].

Таким образом, не вызывает сомнения, что появление и распространение стафилококков с усилением и проявлением патогенных свойств являются одними из основных причин возникновения инфекционного мастита у коров.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

*Staphylococcus aureus* обладают природной резистентностью к ряду антибиотиков, включая цефтазидим, азтреонам, полимиксин, колистин, налидиксовую кислоту.

*Staphylococcus aureus* чувствительны к цефалоспорином (n=16), аминогликозидам (n=16), линкозамидам (n=16), тетра-

циклам (n=16), бензилпенициллинам (n=13), макролидам (n=14), а также резистентны к бензилпенициллину (n=3), эритромицину (n=2).

Таким образом, по результатам лабораторного исследования получены новые данные о возникновении и распространении возбудителей *Staphylococcus aureus* – возбудителей инфекционного мастита с целью коррекции лечебно-диагностических мероприятий в ветеринарной практике.

#### RESISTANCE TO ANTIMICROBIAL PREPARATIONS OF STAPHYLOCOCCUS ISOLATED FROM MILK DURING INFECTIOUS MASTITIS OF COWS

**Makavchik S.A.** – PhD of vet. sciences St. Petersburg state academy of veterinary medicine, St. Petersburg, Pavlova V.S., student, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia.

**Acknowledgments:** The work was carried out in accordance with the thematic plan-task for the implementation of research work on the instructions of the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2023.



#### ABSTRACT

Analysis of antibiograms and interpretation of the results, laboratory monitoring of the mechanisms of antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from milk in infectious mastitis of cows is necessary for successful pharmacotherapy of animals.

The aim of the study was to study the antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* bacteria isolated from milk in infectious mastitis of cows.

In the period from 2021 to 2022, 100 strains of microorganisms were isolated from milk in infectious mastitis of cows. The strains were identified as gram-positive *Staphylococcus aureus* - 16%.

When interpreting the antibiogram, it was found that strains of *Staphylococcus aureus* are sensitive to cephalosporins, aminoglycosides, lincosamides, tetracyclines in 100% of isolation cases, and to benzylpenicillins - 81%. and also resistant.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балагула Т.В., Антибиотики в ветеринарии: загрязнение продукции животноводства, Балагула Т.В., Лаврухина О.И., Батов И. В., Макаров Д.А., Третьяков А.В., / Международный вестник ветеринарии. 2022. – № 4. – С.174-179, DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.4.174
2. Ваганова, А.Н. Устойчивый к метициллину *Staphylococcus aureus* зоонозного происхождения - новая угроза здоровью населения/Ваганова А.Н., Борисенко С.В., Сокурова А.М., Вербов В.Н.//Журнал инфектологии. - 2019. -Т. 11. - № 4. - С. 122-133.
3. Долганов В.А., Епанчинцева О.С., Лютикова А.В., Завгородняя Н.В. Распространение и этиология маститов у дойных коров // ОмГТУ. – 2012. – №5. – С. 107-109.
4. Макавчик С.А., Сухинин А.А., Енгалшев С.В., Кротова А.Л. Лабораторные методы контроля полирезистентных возбудителей бактериальных болезней животных и рациональное применение антимикробных препаратов: монография - Санкт-Петербург: изд-во ВВМ, 2021.с. 152.: ил.
5. Макавчик, С.А. Антибиотикорезистентность микроорганизмов *Staphylococcus aureus*, изолированных от животных / С. А. Макавчик, А. Л. Кротова // Международный вестник ветеринарии. — 2021. — № 3. — С. 103-107.
6. Макавчик, С.А. Бактериальные болезни крупного рогатого скота, вызванные полирезистентными микроорганизмами (диагностика, лечение и профилактика): автореферат дис.... доктора ветеринарных наук: 06.02.02,06. 02.03/Макавчик С.А. 2021 -39 с.
7. Макавчик, С. А. Механизмы резистентности к антимикробным препаратам у микроорганизмов, выделенных от крупного рогатого скота/ Макавчик С. А., Кротова А. Л., Баргман Ж. Е., Сухинин А. А., Приходько Е. И.// Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии.- 2020; 4: 41–46. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2020.4.41.
8. Макавчик, С. А. Рациональная фармакотерапия животных с основами ранжирования антимикробных препаратов в ветеринарных лабораториях/Макавчик С.А.//Ветеринария. - 2022. - № 2. - С. 9-12.
9. Методическими указаниями по бактериологическому исследованию молока и секрета вымени коров: утв. ГУВ. МСХ СССР 30 декабря 1983 г. №115-69.
10. Прасолова О.В., Анализ распространения генетических детерминант резистентности к тетрациклинам, цефалоспорином, пенициллинам, фторхинолонам и колистину в рамках ветеринарного мониторинга на территории РФ, Прасолова О.В., Тимофеева И.А., Осипова Ю.А., Акинина Т.Н., Крылова Е.В., Кирсанова Н.А., Куриченкова Е.О., Путинцева А.В., Богомазова А.Н., Леухина О.О., Солтынская И.В // КМАХ. 2022. Т.24. Приложение 1, С.29.
11. Ahmad-Mansour N, Loubet P, Pouget C, Dunyach-Remy C, Sotto A, Lavigne JP, Molle V. *Staphylococcus aureus* Toxins: An Update on Their Pathogenic Properties and Potential Treatments. Toxins (Basel). 2021 Sep 23;13(10):677. doi: 10.3390/

toxins13100677. PMID: 34678970; PMCID: PMC8540901.

12. Archer NK, Mazaitis MJ, Costerton JW, Leid JG, Powers ME, Shirtliff ME. Staphylococcus aureus biofilms: properties, regulation, and roles in human disease. *Virulence*. 2011 Sep-Oct;2(5):445-59. doi: 10.4161/viru.2.5.17724. Epub 2011 Sep 1. PMID: 21921685; PMCID: PMC3322633.

13. Crespo-Piazuelo D, Lawlor PG. Live-stock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus (LA-MRSA) prevalence in humans in close contact with animals and measures to reduce on-farm colonisation. *Ir Vet J*. 2021 Aug 6;74(1):21. doi: 10.1186/s13620-021-00200-7. PMID: 34362463; PMCID: PMC8348836.

14. EUCAST. Экспертные правила определения чувствительности к антибиотикам EUCAST. Доступно по адресу: [https://www.eucast.org/expert.org/expert\\_rules\\_and\\_intrinsic\\_resistance/](https://www.eucast.org/expert.org/expert_rules_and_intrinsic_resistance/)

15. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). MIC distributions and ECOFFs <https://mic.eucast.org/search/>.

16. Guo Y, Song G, Sun M, Wang J, Wang Y. Prevalence and Therapies of Antibiotic-Resistance in Staphylococcus aureus. *Front Cell Infect Microbiol*. 2020 Mar 17;10:107. doi: 10.3389/fcimb.2020.00107. PMID: 32257966; PMCID: PMC7089872.

17. Lakhundi S, Zhang K. Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus: Molecular Characterization, Evolution, and Epidemiology. *Clin Microbiol Rev*. 2018 Sep 4(4):e00020-18. doi: 10.1128/CMR.00020-18. PMID: 30209034; PMCID: PMC6148192.

18. Tam K., Torres V.J. Staphylococcus aureus Secreted Toxins and Extracellular Enzymes. *Microbiol. Spectr*. 2019;7:16. doi: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0039-2018.

## REFERENCES

1. Balagula T.V., Antibiotics in veterinary medicine: contamination of livestock products, Balagula T.V., Lavrukhina O.I., Batov I.V., Makarov D.A., Tretyakov A.V., / *International Veterinary Bulletin* . 2022. - No. 4. - P.174-179, DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.4.174

2. Vaganova, A.N. Methicillin-resistant Staphylococcus aureus of zoonotic origin - a new threat to public health / Vaganova A.N., Borisenko S.V., Sokurova A.M., Verbov V.N.//*Journal of Infectology*. - 2019. -T. 11. - No. 4. - S. 122-133.

3. Dolganov V.A., Epanchintseva O.S., Lyutikova A.V., Zavgorodnyaya N.V. Distribution and etiology of mastitis in dairy cows // *OmGTU*. - 2012. - No. 5. - S. 107-109.

4. Makavchik S.A., Sukhinin A.A., Engashev S.V., Krotova A.L. Laboratory methods for the control of multiresistant pathogens of bacterial animal diseases and the rational use of antimicrobial drugs: monograph - St. Petersburg: VVM, 2021.p. 152.: ill.

5. Makavchik, S.A. Antibiotic resistance of Staphylococcus aureus microorganisms isolated from animals / S. A. Makavchik, A. L. Krotova // *International Veterinary Bulletin*. - 2021. - No. 3. - S. 103-107.

6. Makavchik, S.A. Bacterial diseases of cattle caused by multidrug-resistant microorganisms (diagnosis, treatment and prevention): abstract of dissertation.... doctor of veterinary sciences: 06.02.02.06. 02.03/ Makavchik S.A. 2021 -39 p.

7. Makavchik, S. A. Mechanisms of resistance to antimicrobial drugs in microorganisms isolated from cattle / Makavchik S. A., Krotova A. L., Bargman Zh. E., Sukhinin A. A., Prikhodko E. I. // *Issues of legal regulation in veterinary medicine*. - 2020; 4:41-46. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2020.4.41.

8. Makavchik, S. A. Rational pharmacotherapy of animals with the basics of ranking antimicrobials in veterinary laboratories / Makavchik S.A.//*Veterinary*. - 2022. - No. 2. - S. 9-12.

9. Guidelines for the bacteriological examination of milk and udder secretion of cows: approved by the Ministry of Agriculture of the USSR on December 30, 1983 No. 115-69

10. Prasolova O.V., Analysis of the distribution of genetic determinants of resistance to tetracyclines, cephalosporins, penicillins, fluoroquinolones and colistin in the frame-

- work of veterinary monitoring in the territory of the Russian Federation, Prasolova O.V., Timofeeva I.A., Osipova Yu.A., Akinina T.N., Krylova E.V., Kirsanova N.A., Kurichenkova E.O., Putintseva A.V., Bogomazova A.N., Leukhina O.O., Soltynskaya I.V. // КМАН. 2022. V.24. Annex 1, p.29.
11. Ahmad-Mansour N, Loubet P, Pouget C, Dunyach-Remy C, Sotto A, Lavigne JP, Molle V. Staphylococcus aureus Toxins: An Update on Their Pathogenic Properties and Potential Treatments. *Toxins* (Basel). 2021 Sep 23;13(10):677. doi: 10.3390/toxins13100677. PMID: 34678970; PMCID: PMC8540901.
12. Archer NK, Mazaitis MJ, Costerton JW, Leid JG, Powers ME, Shirtliff ME. Staphylococcus aureus biofilms: properties, regulation, and roles in human disease. *Virulence*. 2011 Sep-Oct;2(5):445-59. doi: 10.4161/viru.2.5.17724. Epub 2011 Sep 1. PMID: 21921685; PMCID: PMC3322633.
13. Crespo-Piazuelo D, Lawlor PG. Livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus (LA-MRSA) prevalence in humans in close contact with animals and measures to reduce on-farm colonisation. *Ir Vet J*. 2021 Aug 6;74(1):21. doi: 10.1186/s13620-021-00200-7. PMID: 34362463; PMCID: PMC8348836.
14. EUCAST. Экспертные правила определения чувствительности к антибиотикам EUCAST. Доступно по адресу: [https://www.eucast.org/expert.org/expert\\_rules\\_and\\_intrinsic\\_resistance/](https://www.eucast.org/expert.org/expert_rules_and_intrinsic_resistance/)
15. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). MIC distributions and ECOFFs <https://mic.eucast.org/search/>.
16. Guo Y, Song G, Sun M, Wang J, Wang Y. Prevalence and Therapies of Antibiotic-Resistance in Staphylococcus aureus. *Front Cell Infect Microbiol*. 2020 Mar 17;10:107. doi: 10.3389/fcimb.2020.00107. PMID: 32257966; PMCID: PMC7089872.
17. Lakhundi S, Zhang K. Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus: Molecular Characterization, Evolution, and Epidemiology. *Clin Microbiol Rev*. 2018 Sep 4:e00020-18. doi: 10.1128/CMR.00020-18. PMID: 30209034; PMCID: PMC6148192.
18. Tam K., Torres V.J. Staphylococcus aureus Secreted Toxins and Extracellular Enzymes. *Microbiol. Spectr*. 2019;7:16. doi: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0039-2018.

УДК: 619:657

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.77

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ РЕЗИСТЕНТНОСТИ В РАМКАХ ВЕТЕРИНАРНОГО МОНИТОРИНГА

**Прасолова О.В.** \* – к.в.н., ведущий научный сотрудник (0000-0001-8924-2273), **Крылова Е.В.** – к.б.н., ведущий научный сотрудник (ORCID 0000-0003-0080-0158), **Солтынская И.В.** – заведующий отделом (ORCID 0000-0002-6274-5265), **Путинцева А.В.** – научный сотрудник (ORCID 0000-0002-7552-4816), **Тимофеева И.А.** – научный сотрудник (ORCID 0000-0003-0275-0465), **Кирсанова Н.А.** – научный сотрудник (ORCID 0000-0002-1666-3058), **Осипова Ю.А.** – младший научный сотрудник (ORCID 0000-0001-5142-4821), **Иванова О.Е.** – к.в.н., заведующий отделением (ORCID 0000-0002-5030-4876), **Киш Л.К.** – к.в.н., директор (ORCID 0000-0002-3814-7134)

ФГБУ Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов («ВГНКИ»)

\*o.prasolova@vgnki.ru

**Ключевые слова:** гены антибиотикорезистентности, идентификация, ветеринарный мониторинг

**Keywords:** antibiotic resistance genes, identification, veterinary monitoring

Поступила: 25.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

С помощью полимеразной цепной реакции с детекцией продуктов амплификации в режиме «реального времени» (ПЦР-РВ) было исследовано 263 образца из окружающей среды, отобранных на объектах содержания животных и птицы, а также фекалий с целью определения генетических детерминант резистентности к пяти классам противомикробных препаратов, таких как тетрациклины (*tetA*, *tetO*, *tetM*) фторхинолоны (*qnrS*, *qnrB*) цефалоспорины, пенициллины (*CTX-M-1*, *CTX-M-9*, *CMY*), полимиксины (*mcr-1*). 95% образцов, протестированных на наличие AMP, показали наличие генов резистентности, связанных с устойчивостью по меньшей мере к двум классам этих антибиотиков широкого спектра действия. Уровень обнаружения маркеров резистентности к тетрациклинам и фторхинолонам было самым высоким. Выявление генетических маркеров резистентности к большинству противомикробных препаратов имеет следующий порядок возрастания: овца→лошадь→коза→ крупный рогатый скот→свинья→птица. Наши исследования коррелируют с тенденцией к тому, что противомикробные препараты используются в большей степени для лечения свиней и птицы, чем для крупного рогатого скота. В образцах из объектов внешней среды идентификация генетических детерминант резистентности была сопоставимой с выявлением в образцах от животных только в птичниках. В образцах фекалий гены резистентности выявляли в два-три раза чаще, чем в образцах из окружающей среды. Исследование показало, какие маркеры резистентности распространены в образцах от животных и окружающей среды, а относительное количество и частота обнаружения данных маркеров могут служить параметром оценки риска дальнейшего распространения антибиотикорезистентности.

## ВВЕДЕНИЕ/INTRODUCTION

По данным Европейского центра профилактики и контроля болезней, источником и резервуаром большинства штаммов, вызывающих болезни людей на территории Евросоюза, являются продуктивные животные [1]. Передача микроорганизмов человеку происходит при непосредственном контакте с животными, через пищевые продукты и объекты внешней среды [2]. Интенсивность этой передачи, вероятно, может варьировать в зависимости от вида микроорганизма. Распространение генетических детерминант резистентности является другой потенциальной опасностью, добавляющей сложности данной проблеме [3-5]. Устойчивые штаммы микроорганизмов, контаминирующие пищевые продукты, являются резервуаром генов резистентности и могут передавать их представителям нормальной микрофлоры или другим патогенным бактериям при попадании в организм человека [6]. Воздействие на окружающую среду в свою очередь, в основном связано с неправильным обращением с экскрементами животных, что приводит к загрязнению поверхностных вод, грунтовых вод и почв питательными веществами, органическими веществами и тяжелыми металлами. [7].

Озабоченность вызывает растущая устойчивость микроорганизмов к фторхинолонам и цефалоспорином, так как эти две группы препаратов входят в составленный Всемирной организацией здравоохранения список антибиотиков, критически важных для медицины. В современных условиях глобализации экономики географические границы не препятствуют распространению резистентных к антибиотикам микроорганизмов, поэтому увеличение количества устойчивых штаммов, выделяемых от животных и из продукции животноводства, отмечается повсеместно, в том числе и в нашей стране. Следовательно, контроль за распространением резистентных штаммов

микроорганизмов требует комплексного подхода. Он должен включать мониторинг чувствительности и изучение механизмов резистентности к антимикробным препаратам микроорганизмов, выделяемых от животных, для разработки системы мероприятий по снижению резистентности как в масштабах отдельного хозяйства, так и на региональном уровне [8-10].

Целью данной работы является идентификация генов резистентности в рамках ветеринарного мониторинга.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ/ MATERIALS AND METHOD

В рамках проведенного исследования в период 2021-2022г было проанализировано на наличие генов резистентности 263 образца от клинически здоровых животных (помет, фекалии, смывы с вымени) и на объектах их содержания. Пробы были отобраны на животноводческих и птицеводческих комплексах в шести федеральных округах РФ: Северо-Кавказском, Дальневосточном, Сибирском, Северо-Западном, Приволжском, Уральском и Центральном (табл.1).

Для постановки ПЦР-РВ использовали собственные методики, разработанные для выявления 9 генов, связанных с 5 различными классами распространенных в ветеринарии антибиотиков, таких как тетрациклины (*tetA*, *tetO*, *tetM*) фторхинолоны (*qnrS*, *qnrB*) цефалоспорины, пенициллины (*CTX-M-1*, *CTX-M-9*, *CMY*), полимиксины (*mcr-1*). Присутствие этих генетических детерминант было дополнительно подтверждено секвенированием по Сенгеру.

Для выделения ДНК сорбционным методом использовали коммерческий набор реагентов «АмплиПрайм ДНК-сорб-В» (ФБУН ЦНИИЭ, Россия). Для амплификации ДНК использовали SynTaq ДНК-полимеразу (Синтол), 10x ПЦР-Буфер-Б (Синтол), реагент «MgCl<sub>2</sub>» с концентрацией 25 ммоль/дм<sup>3</sup>(Синтол), смесь дНТФ 25мМ (Синтол), растворы олигонуклеотидных праймеров и зондов, меченых флуоресцентными красителями. Постановку ПЦР-РВ осуществляли с



Таблица 1

## Список образцов по регионам

| Вид материала                  | Федеральный округ | Кол-во протестированных проб | Вид животного |        |       |        |      |      |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------|--------|-------|--------|------|------|
|                                |                   |                              | КРС           | лошадь | птица | свинья | овцы | козы |
| Материал от животных           | Центральный       | 21                           | 57%           |        | 33%   | 10%    |      |      |
|                                | Уральский         | 12                           |               |        | 100%  |        |      |      |
|                                | Приволжский       | 75                           | 40%           | 21%    | 25%   |        |      | 13%  |
|                                | Северо-Западный   | 11                           | 36%           |        | 64%   |        |      |      |
|                                | Сибирский         | 11                           |               |        | 45%   | 55%    |      |      |
|                                | Дальневосточный   | 28                           | 36%           | 29%    |       |        | 36%  |      |
|                                | Северо-Кавказский | 20                           | 30%           |        | 30%   |        | 40%  |      |
| итого                          |                   | 178                          | 35%           | 13%    | 25%   | 11%    | 10%  | 6%   |
| Образцы объектов внешней среды | Центральный       | 17                           | 53%           |        | 47%   |        |      |      |
|                                | Приволжский       | 21                           | 86%           | 5%     | 10%   |        |      |      |
|                                | Северо-Западный   | 3                            | 33%           |        | 67%   |        |      |      |
|                                | Сибирский         | 3                            |               |        | 100%  |        |      |      |
|                                | Дальневосточный   | 30                           | 33%           | 33%    |       |        | 33%  |      |
|                                | Северо-Кавказский | 11                           |               |        | 73%   |        | 27%  |      |
| итого                          |                   | 85                           | 45%           | 13%    | 27%   |        | 15%  |      |

использованием амплификаторов Rotor-Gene Q (Qiagen, Германия) и Rotor-Gene 6000 (Corbet Research, Австралия).

Статистическая обработка цифрового материала была проведена с использованием программы Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Исследовано 178 образцов биоматериала от животных – КРС (n=62), птица (n=44), лошадь (n=24), свинья (n=20), овца (n=18) и коза (n=10). Образцы объектов внешней среды (n=85) отбирали на коровниках (n=38), птичниках (n=23), овчарнях (n=13) конюшнях (n=11) (рисунок 1).

Результаты показали наличие детерминант антимикробной резистентности к основным классам антибиотиков в полученных образцах ДНК.

95% образцов (n=249), протестированных на наличие генетических маркеров резистентности, показали наличие генов, связанных с устойчивостью по меньшей мере к двум классам этих антибиотиков широкого спектра действия.

Чаще всего выявляли: в 60% образцов – tetA (n=158), в 52% – tetM (n=138), 48% – tetO (n=127). Плазмидно-опосредованные гены устойчивости к

фторхинолонам: qnrB – обнаружен в 42% (n=111), а qnrS – в 35% (n=92) образцов. Маркеры устойчивости к цефалоспорином, пенициллинам и колистину выявляли реже: CTX-M-1 – в 22% (n=58), CTX-M-9 – в 13% (n=34), CMY – в 24% (n=63), mcr-1 – в 19% (n=50) образцов.

В материале от свиней, коз, птицы и КРС чаще всего идентифицировали целевые гены резистентности к тетрациклинам, более чем в 87%, 83%, 82% и 81% образцов фекалий, к фторхинолонам – в 75%, 100%, 82% и 81%, реже выявляли ген резистентности к колистину – в 15%, 0%, 50% и 15% образцов соответственно. В образцах от лошадей мы идентифицировали минимальное разнообразие генов резистентности, в отличие от образцов из конюшен, где превалировало выявление генов резистентности к пенициллинам, фторхинолонам и тетрациклинам. При исследовании материала от овец выявляли гены резистентности к пенициллинам, колистину, фторхинолонам и тетрациклинам, однако в образцах, отобранных в овчарнях, не выявили генов резистентности. (таблица 2).

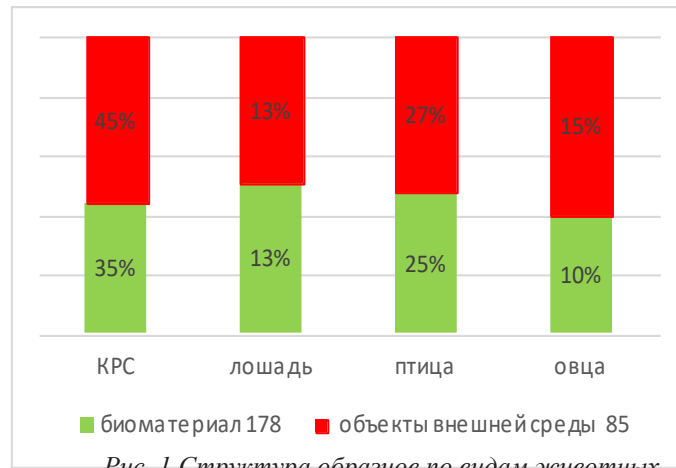


Рис. 1 Структура образцов по видам животных

Таблица 2

Идентификация генетических детерминант резистентности по видам образцов

| Вид материала                  | Вид животного | Кол-во протестированных проб | MCR  | CMY  | CTX-M-1 | CTX-M-9 | qnrS | qnrB | tetA | tetO | tetM |
|--------------------------------|---------------|------------------------------|------|------|---------|---------|------|------|------|------|------|
| Материал от животных           | КРС           | 62                           | 100% | 100% | 100%    | 100%    | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
|                                | свинья        | 20                           | 15%  | 5%   | 60%     | 15%     | 80%  | 70%  | 90%  | 100% | 70%  |
|                                | овца          | 18                           | 39%  | 44%  | 0       | 0       | 11%  | 17%  | 28%  | 0    | 11%  |
|                                | коза          | 10                           | 0    | 50%  | 90%     | 90%     | 100% | 100% | 90%  | 90%  | 70%  |
|                                | лошадь        | 24                           | 17%  | 0    | 4%      | 8%      | 13%  | 21%  | 21%  | 46%  | 13%  |
|                                | птица         | 44                           | 50%  | 32%  | 25%     | 5%      | 64%  | 80%  | 84%  | 75%  | 86%  |
| Итого                          |               | 178                          |      |      |         |         |      |      |      |      |      |
| Образцы объектов внешней среды | коровник      | 38                           | 3%   | 11%  | 16%     | 16%     | 16%  | 21%  | 32%  | 0    | 21%  |
|                                | овчарня       | 13                           | 0    | 0    | 0       | 0       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|                                | конюшня       | 11                           | 0    | 55%  | 0       | 0       | 45%  | 73%  | 91%  | 0    | 18%  |
|                                | птичник       | 23                           | 22%  | 26%  | 17%     | 30%     | 30%  | 52%  | 52%  | 22%  | 52%  |
| Итого                          |               | 85                           |      |      |         |         |      |      |      |      |      |
| всего                          |               | 263                          |      |      |         |         |      |      |      |      |      |

Выявление генетических детерминант к большинству противомикробных препаратов имеет следующий порядок возрастания: овца→лошадь→коза→ крупный рогатый скот→свинья→птица. Наши исследования коррелируют с данными, полученными ранее в Российской Федерации [11, 12] и при исследовании Воескел, 2015 с тенденцией к тому, что противомикробные препараты используются в большей степени для лечения свиней и птицы, чем для крупного рогатого скота. В целом, тетрациклины оставались наиболее используемыми противомикробными

препаратами в ветеринарии во всем мире (40,5% от общего количества) [13].

Высокое разнообразие генов антибиотикорезистентности в образцах предполагает, что может быть несколько источников резистентных бактерий или возможный обмен штаммами или поток генов между различными штаммами из-за переноса мобильных генетических элементами. [14].

Из 178 образцов, отобранных от животных, выявление генетических маркеров устойчивости к противомикробным препаратам имеет следующий порядок

возрастания: полимиксины → пенициллины → цефалоспорины → фторхинолоны → тетрациклины. Из 85 образцов внешней среды корреляция сопоставима с исследованиями образцов от животных, однако маркеров к цефалоспорином выявляли меньше, чем к пенициллинам. (рисунок 2).

Результаты показали обильное наличие детерминант антимикробной резистентности к основным классам антибиотиков в образцах фекальной ДНК. Исследование показало наличие генов резистентности в образцах от клинически здоровых животных и на объектах их содержания.

В образцах из объектов внешней среды идентификация генетических детерми-

нант резистентности была сопоставимой с выявлением в образцах от животных только в птичниках. Нами не обнаружено исследуемых генетических маркеров резистентности из образцов объектов окружающей среды только в образцах из овчарни (Дагестан – 3 образца). При анализе 8 образцов фекалий из того же хозяйства, обнаружен ген устойчивости к фторхинолонам *qnrS* у одного животного. В образцах фекалий гены резистентности выявляли в два-три раза чаще, чем в образцах из окружающей среды. Идентификация маркеров резистентности к фторхинолонам и тетрациклам была самой высокой.

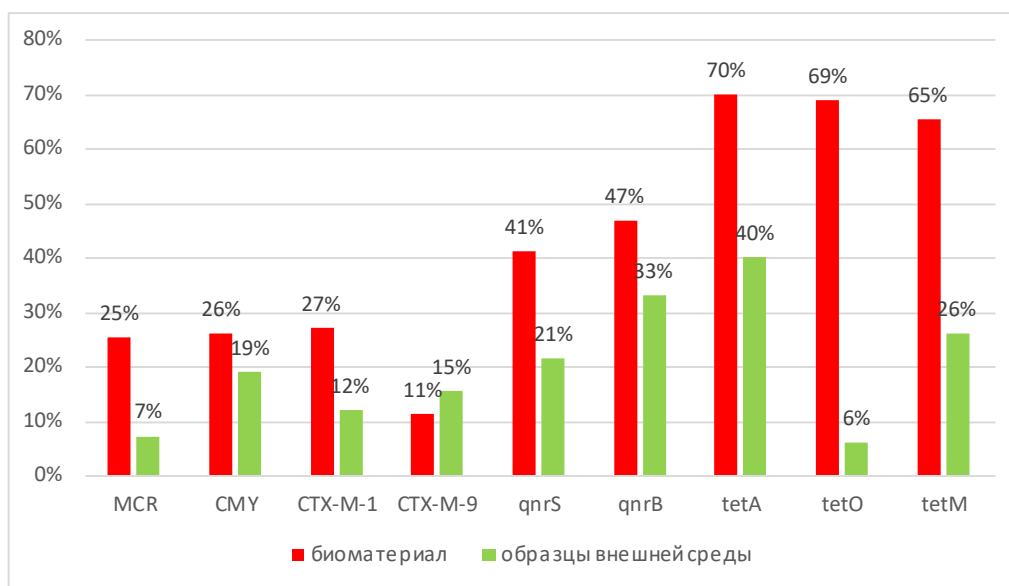


Рис. 2 Идентификация генетических детерминант резистентности в образцах

### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Данное исследование является начальным этапом изучения состава резистомы образцов от клинически здоровых животных и объектов их содержания для понимания циркуляции генов резистентности. В таких ситуациях

использование ПЦР-РВ и секвенирования по Сэнгеру, может служить эффективным молекулярным инструментом изучения генетических маркеров резистентности.

Исследование позволило нам понять, какие маркеры резистентности, связан-

ные с различными классами антибиотиков, присутствуют в микробиоме образцов от клинически здоровых животных и объектах окружающей среды в животноводческих и птицеводческих хозяйствах. Относительное количество и частота встречаемости маркеров резистентности исследованных образцов будут служить параметрами для понимания и оценки риска потенциальной угрозы распространения резистентности.

Динамичность ситуации с распространением резистентности к антимикробным препаратам требует постоянного накопления новых сведений специалистами разного ведомственного подчинения с целью составления оптимального алгоритма действий для преодоления резистентности микроорганизмов к антимикробным препаратам, в частности в отношении создания банка резистентных штаммов [15]. Осуществление комплексного ветеринарного мониторинга устойчивости к противомикробным препаратам на территории РФ, в том числе с использованием молекулярно-биологических методов, позволяет оценить возможность применения различных антибиотиков в хозяйствах разных субъектов РФ.

Исследование финансировалось Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору, научно-исследовательская работа (БН62 подтема 52) 1022040700237-0-4.3.1 ««Ветеринарный мониторинг резистентности бактерий к антимикробным средствам»».

#### IDENTIFICATION OF RESISTANCE GENES IN THE FRAMEWORK OF VETERINARY MONITORING

Prasolova O.V., Krylova E.V., Soltynskaya I.V., Putintseva A. V., Timofeeva I.A., Kirsanova N.A., Osipova Yu.A., Ivanova O.E., Kish L.K.

The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality

#### ABSTRACT

Real-time polymerase chain reaction

(PCR-PT) was used to examine 263 environmental samples from animal and poultry facilities, as well as faeces, to determine the genetic determinants of resistance to five classes of antimicrobials such as tetracyclines (*tetA*, *tetO*, *tetM*) fluoroquinolones (*qnrS*, *qnrB*) cephalosporins, penicillins (*CTX-M-1*, *CTX-M-9*, *CMY*), polymyxins (*mcr-1*). 95% of samples tested for AMR showed the presence of resistance genes associated with resistance to at least two classes of these broad-spectrum antibiotics. The level of detection of resistance markers to tetracyclines and fluoroquinolones was the highest. The detection of genetic markers of resistance to most antimicrobials has the following ascending order: sheep → horse → goat → cattle → pig → poultry. Our studies correlate with a trend towards more antimicrobial use in pigs and poultry than in cattle.

In samples from environmental objects, the identification of genetic determinants of resistance was comparable to the detection in samples from animals only in poultry houses. In faecal samples, resistance genes were detected two to three times more often than in environmental samples.

The study showed which resistance markers are common in the fecal microbiome and environmental samples, and the relative amount and frequency of detection of these markers can serve as a risk assessment parameter for the further spread of antibiotic resistance.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борьба с устойчивостью к антибиотикам с точки зрения безопасности пищевых продуктов в Европе. Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. Режим доступа: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0011/144695/e94889R.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0011/144695/e94889R.pdf);
2. de Carvalho FM, Valiatti TB, Santos FF, Silveira ACO, Guimarães APC, Gerber AL, Souza CO, Cassu Corsi D, Brasiliense DM, Castelo-Branco DSCM, Anzai EK, Bessa-Neto FO, Guedes GMM, de Souza GHA, Lemos LN, Ferraz LFC, Bahia MNM, Vaz MSM, da Silva RGB, Veiga R, Simionatto

- S, Monteiro WAP, Lima WAO, Kiffer CRV, Campos Pignatari AC, Cayô R, de Vasconcelos ATR, Gales AC. Exploring the Bacteriome and Resistome of Humans and Food-Producing Animals in Brazil. *Microbiol Spectr*. 2022 Oct 26;10(5):e0056522. doi: 10.1128/spectrum.00565-22. Epub 2022 Aug 22. PMID: 35993730; PMCID: PMC9602611.
3. Diene, S.M. Carbapenemase genes and genetic platform in Gram-negative bacilli: Enterobacteriaceae, Pseudomonas and Acinetobacter species/S.M.Diene, J.M.Rolain // *Clinical Microbiology and Infection*. – 2014. – Vol.20. – P.831-838.
4. Overdeest, I. Extended-Spectrum  $\beta$ -lactamase Genes of Escherichia coli in Chicken Meat and Humans, the Netherlands/I.Overdeest, I.Willemsen, M. Pijnsburger, A.Eustace, Li Xu et al.//*Emerging Infectious Diseases*. 2011– vol.17. - №7. – P.1216 – 1222., doi: 10.3201/eid1707.110209.
5. Randall, L.P. Prevalence of Escherichia coli carrying extended-spectrum  $\beta$ -lactamases (CTX-M and Tem-52) from broiler chicken and turkeys in Great Britain between 2006 and 2009/L.P.Randall, C.Clouting, R.A.Horton, N.G.Coldman, G.Wu, F.A.Clifton-Hadley et al.//*Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2011. – Vol.66. – P.86-95 doi:10.1093/jac/dkq396
6. Gerber P, Chilonda P, Franceschini G, Menzi H. Geographical determinants and environmental implications of livestock production intensification in Asia. *Bioresour Technol*. 2005 Jan;96(2):263-76. doi: 10.1016/j.biortech.2004.05.016. Erratum in: *Bioresour Technol*. 2005 Sep;96(13):1525-8. PMID: 15381225
7. Виноградова К.А., Булгакова В.Г., Полин А.Н., Кожевин П.А. Устойчивость микроорганизмов к антибиотикам: резистомы, её объём, разнообразие и развитие. *Антибиотики и Химиотерапия*. 2013;58(5-6):38-48.
8. Забровская А.В., Эпизоотологический анализ распространения антибиотикорезистентных штаммов возбудителей инфекционных болезней сельскохозяйственных животных в Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации, док. вет. наук: 06.02.02. - ФГБОУ ВО СПбГУВМ, СПб, 2019 - 323 с.
9. Макавчик С.А., Бактериальные болезни крупного рогатого скота, вызванные полирезистентными микроорганизмами (диагностика, лечение и профилактика) док. вет. наук: 06.02.02, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, СПб, 2021 - 370 с.
10. Макавчик, С.А. Лабораторные методы контроля полирезистентных возбудителей бактериальных болезней животных и рациональное применение антимикробных препаратов / С.А. Макавчик, А.А. Сухинин, С.В. Енгашев, А.Л. Кротова - СПб.: изд-во ВВМ, 2021 г. – 152 с. : ил.
11. Прасолова О.В., Анализ распространения генетических детерминант резистентности к тетрациклинам, цефалоспорином, пенициллинам, фторхинолонам и колистину в рамках ветеринарного мониторинга на территории РФ, Прасолова О.В., Тимофеева И.А., Осипова Ю.А., Акинина Т.Н., Крылова Е.В., Кирсанова Н.А., Куриченкова Е.О., Путинцева А.В., Богомазова А.Н., Леухина О.О., Солтынская И.В // *KMAX*. 2022. Т.24. Приложение 1, С.29.
12. Балагула Т.В., Антибиотики в ветеринарии: загрязнение продукции животноводства, Балагула Т.В., Лаврухина О.И., Батов И. В., Макаров Д.А., Третьяков А.В., / *Международный вестник ветеринарии*. 2022. – № 4. – С.174-179, DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.4.174
13. Annual Report on Antimicrobial Agents Intended for Use in Animals, 6th edition, <https://www.woah.org/app/uploads/2022/06/a-sixth-annual-report-amu-final.pdf>, дата обращения 02.08.2022
14. Katala, B.Z., Misinzo, G., Mshana, S.E. et al. Genetic diversity and risk factors for the transmission of antimicrobial resistance across human, animals and environmental compartments in East Africa: a review. *Antimicrob Resist Infect Control* 9, 127 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13756-020-00786-7>
15. Тутельян, А. В. Факторы риска развития устойчивости к противомикробным препаратам в рамках концепции «Единое здоровье» / А. В. Тутельян // *Материалы*



XII Съезда Всероссийского научно-практического общества эпидемиологов, микробиологов и паразитологов, Москва, 26–28 октября 2022 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, В.Г. Акимкина. – Москва: Федеральное бюджетное учреждение науки "Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии" Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. – С. 89-90. – EDN EOBVOJ.

## REFERENCES

1. Combating antibiotic resistance for food safety in Europe. World Health Organization. European regional bureau. Access mode: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0011/144695/e94889R.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/144695/e94889R.pdf);
2. de Carvalho FM, Valiatti TB, Santos FF, Silveira ACO, Guimarães APC, Gerber AL, Souza CO, Cassu Corsi D, Brasiliense DM, Castelo-Branco DSCM, Anzai EK, Bessa-Neto FO, Guedes GMM, de Souza GHA, Lemos LN, Ferraz LFC, Bahia MNM, Vaz MSM, da Silva RGB, Veiga R, Simionatto S, Monteiro WAP, Lima WAO, Kiffer CRV, Campos Pignatari AC, Cayô R, de Vasconcelos ATR, Gales AC. Exploring the Bacteriome and Resistome of Humans and Food-Producing Animals in Brazil. *Microbiol Spectr*. 2022 Oct 26;10(5):e0056522. doi: 10.1128/spectrum.00565-22. Epub 2022 Aug 22. PMID: 35993730; PMCID: PMC9602611.
3. Diene, S.M. Carbapenemase genes and genetic platform in Gram-negative bacilli: Enterobacteriaceae, Pseudomonas and Acinetobacter species/S.M.Diene, J.M.Rolain // *Clinical Microbiology and Infection*. - 2014. - Vol.20. – P.831-838.
4. Overdevest, I. Extended-Spectrum  $\beta$ -lactamase Genes of Escherichia coli in Chicken Meat and Humans, the Netherlands/I.Overdevest, I.Willemsen, M. Pijnsburger, A.Eustace, Li Xu et al.//*Emerging Infectious diseases*. 2011–vol.17. - No. 7. – P.1216 – 1222., doi: 10.3201/eid1707.110209.
5. Randall, L.P. Prevalence of Escherichia coli carrying extended-spectrum  $\beta$ -lactamases (CTX-M and Tem-52) from broiler chicken and turkeys in Great Britain between 2006 and 2009/L.P.Randall, C.Clouting, R.A.Horton, N.G.Coldman, G.Wu, F.A. Clifton-Hadley et al.//*Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. - 2011. - Vol.66. – P.86-95 doi:10.1093/jac/dkq396
6. Gerber P, Chilonda P, Franceschini G, Menzi H. Geographical determinants and environmental implications of livestock production intensification in Asia. *Biore-sour Technol*. 2005 Jan;96(2):263-76. doi: 10.1016/j.biortech.2004.05.016. Erratum in: *Biore-sour Technol*. 2005 Sep;96(13):1525-8. PMID: 15381225
7. Vinogradova K.A., Bulgakova V.G., Polin A.N., Kogevin P.A. Resistance of microorganisms to antibiotics: resistome, its volume, diversity and development. *Antibiotics and Chemotherapy*. 2013;58(5-6):38-48.
8. Zabrovskaya A.V., Epizootological analysis of the spread of antibiotic-resistant strains of pathogens of infectious diseases of agricultural animals in the North-Western Federal District of the Russian Federation, doc. vet. Sciences: 06.02.02. - FGBOU VO SPbGUVU, St. Petersburg, 2019 - 323 p.
9. Makavchik S.A., Bacterial diseases of cattle caused by multiresistant microorganisms (diagnosis, treatment and prevention), doc. vet. Sciences: 06.02.02, SPbGUVU, St. Petersburg, 2021 - 370 p.
10. Makavchik, S.A. Laboratory methods for the control of multiresistant pathogens of bacterial animal diseases and the rational use of antimicrobial drugs / S.A. Makavchik, A.A. Sukhinin, S.V. Engashev, A.L. Krotova - St. Petersburg: VVM publishing house, 2021 - 152 p. : ill.
11. Prasolova O.V., Analysis of the distribution of genetic determinants of resistance to tetracyclines, cephalosporins, penicillins, fluoroquinolones and colistin in the framework of veterinary monitoring on the territory of the Russian Federation, Prasolova O.V., Timofeeva I.A., Osipova Yu. A., Akinina T.N., Krylova E.V., Kirsanova N.A., Kurichenkova E.O., Putintseva A.V., Bogomazova A.N., Leukhina O.O., Soltyn-

skaya I. In // КМАН. 2022. V.24. Annex 1, p.29.

12. Balagula T.V., Antibiotics in veterinary medicine: contamination of livestock products, Balagula T.V., Lavrukchina O.I., Batov I.V., Makarov D.A., Tretyakov A.V., / International Bulletin of veterinary medicine. 2022. - No. 4. - P.174-179, DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.4.174

13. Annual Report on Antimicrobial Agents Intended for Use in Animals, 6th edition, <https://www.woah.org/app/uploads/2022/06/a-sixth-annual-report-amu-final.pdf>, accessed 02.08.2022

14. Katale, B.Z., Misinzo, G., Mshana, S.E. et al. Genetic diversity and risk factors for the transmission of antimicrobial resistance across human, animals and environmental

compartments in East Africa: a review. Antimicrob Resist Infect Control 9, 127 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13756-020-00786-7>

15. Tutelyan, A. V. Risk factors for the development of resistance to antimicrobial drugs within the concept of "One Health" / A. V. Tutelyan // Proceedings of the XII Congress of the All-Russian Scientific and Practical Society of Epidemiologists, Microbiologists and Parasitologists, Moscow, October 26–28, 2022 / Edited by A.Yu. Popova, V.G. Akimkin. - Moscow: Federal Budgetary Institution of Science "Central Research Institute of Epidemiology" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2022. - P. 89-90. – EDN EOBVOJ.



## ИНВАЗИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 57:576.8.628.639.9

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.86

### МОРФОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ И ГЕМОЛИМФЫ ПАУКОВ-ПТИЦЕЕДОВ PTERINOSCHILUS MURINUS RCF (ARANEAE: THERAPHOSIDAE)

Мехова О.С. \* – к. вет. н., доцент, Саломатин М.А. – студент УО ВГАВМ, Витебск, Беларусь

\*mechovaolga80@mail.ru

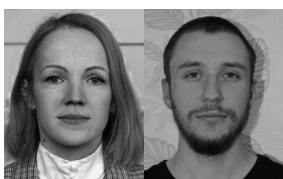
**Ключевые слова:** пауки-птицееды, Pterinochilus murinus RCF, гемоциты, гемолимфа.

**Keywords:** tarantula, Pterinochilus murinus RCF, haemocyte, haemolymph.

Поступила: 15.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



#### РЕФЕРАТ

Целью исследования явилось изучение морфологических и гистологических особенностей внутренних органов и состава гемолимфы пауков-птицеедов Pterinochilus murinus RCF (Araneae: Theraphosidae). Для гистологического исследования были использованы 5 особей пауков-птицеедов семейства Pterinochilus murinus RCF, в возрасте L6 (шестая линька). Морфологические исследования тканей, органов и популяции гемоцитов проводились с использованием световой микроскопии. Были представлены макроскопические фото сердца, печени, лимфоидных органов с описанием их формы, строения и топографии. Биоматериал был обработан в соответствии с методикой приготовления гистологических препаратов, которая включала фиксацию, промывку, дегидратацию, заливку в ксилол, заливку в парафин, приготовление гистологических срезов, депарафинирование и окраска гематоксилином и эозином. Были описаны ткани и отдельные морфологические клеточные структуры сердца, печени, лимфоидных органов пауков-птицеедов. Также были приготовлены мазки гемолимфы пауков, которые в дальнейшем были зафиксированы на предметном стекле и окрашены методом Романовского-Гимзе. Гемолимфа беспозвоночных животных выполняет все необходимые для организма функции. В процессе исследования были выделены несколько типов гемоцитов, которые классифицировались, прежде всего, в зависимости от морфологических характеристик (размеры клеток, форма, наличие или отсутствие внутриклеточных включений и их характеристика), способности воспринимать красители и интенсивность окрашивания различных морфологических структур клеток. Терминология описываемых гистологических структур органов приводилась в соответствии с Международной гистологической номенклатурой. Получены данные об особенностях морфологии органов, гистологической структуре тканей и клеток пауков-птицеедов, позволяют расширить представление о представителях вида Pterinochilus murinus RCF. Ключевые слова: пауки-птицееды, Pterinochilus murinus RCF, гемоциты, гемолимфа.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Развитие и апробация нового инструментария на базе атомно-силовой микроскопии при изучении физиологических механизмов адаптации приводят к тому, что беспозвоночные животные становятся все более привлекательными для исследования, так как эти организмы занимают обширные ниши многих экосистем, они многочисленны, но малоизучены [3, 5, 6, 12]. Многообразие видов наземных хелицеровых объединяет класс Паукообразные (Arachnida). Семейство пауков-птицеедов (Theraphosidae) одно из 109 семейств, относящихся к отряду Araneae [1, 3, 4, 10, 11]. Нашим научным интересом явилось исследование морфологии внутренних органов представителей данного семейства путем макроскопических и микроскопических исследований.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Для гистологического исследования были использованы 5 особей пауков-птицеедов семейства *Pterinochilus murinus* RCF, в возрасте L6 (шестая линька). Предварительно пауки были обездвижены путем введения формалина в сердце (рис. 1). Затем головогрудь и брюшко разделили и вскрывали отдельно (рис. 2). При выполнении экспериментальных исследований мы соблюдали методику приготовления гистологических срезов (фиксация, промывка, обезживание и уплотнение), отработанную в лаборатории кафедры патологической анатомии и гистологии УО ВГАВМ. Тела пауков фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина. Биоматериал помещали в автомат для гистологической обработки тканей «MICROM STP 120» типа «КАРУСЕЛЬ», где они проходили следующие этапы обработки: дегидратацию в спиртах возрастающей концентрации, подготовку к заливке в ксилоле. Заливку в парафин проводили в автоматической станции «MICROM EC 350». В дальнейшем на роторном микротоме «MICROM HM 340E» изготовили парафиновые срезы толщиной 3-6 мкм. Полученные срезы подвергали депарафинации

ксилолом, промыванию в спиртах путем помещения в автоматическую станцию «MICROM HMS 70» с последующей окраской гематоксилином-эозином.

В нашем исследовании мы отбирали гемолимфу у паука путем удаления конечности. Каплю гемолимфы фиксировали на стекле и окрашивали методом Романовского-Гимзе.

Микроскопию внутренних органов и мазков крови осуществляли при помощи светового микроскопа БИОМЕД-6 с цифровой фотокамерой. Проводили фотографирование цветных изображений с использованием цифровой системы считывания и ввода видеоизображения «ДСМ-510» и программного обеспечения по вводу и переработке изображения «ScopePhoto».

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Морфологически особи пауков представляют собой тело, которое состоит из головогруды, несущей конечности и крупного брюшка. Размер тела особей пауков был 62, 67, 69, 71 и 73 мм в длину. Хитин покровов имел светло-бурый цвет, головогрудь, спинная часть брюшка имели характерные полосы темного цвета, что являлось одним из признаков систематического положения данного вида (рис. 1). Головогрудной щит надрезали ножницами со всех сторон и осторожно удаляли (рис. 2). При вскрытии брюшка сделали два боковых разреза покровов и удалили хитин.

После удаления хитина со спинной поверхности тела в головогруды были выявлены только мощные мускульные пучки, которые своими концами прикреплялись к пластинчатым отросткам эндостернита (рис. 2). Мышцы имели бледно-серый цвет. При аккуратном раздвигании мышц выявили концы ядовитых желез и слепые выросты желудка. Все органы плотно прикреплялись друг к другу, что не давало возможности изолировать один от другого, не нарушая целостность. Поэтому было принято решение дальнейшему гистологическому исследованию подвергать их в виде единого органокомплекса.

При препарировании брюшка также возникли трудности. Непосредственно после снятия покровов выявлялось сердце, представляющее собой мускулистую

трубку длиной  $12 \pm 0,5$  мм, расположенную в передней части брюшка (рис. 4).

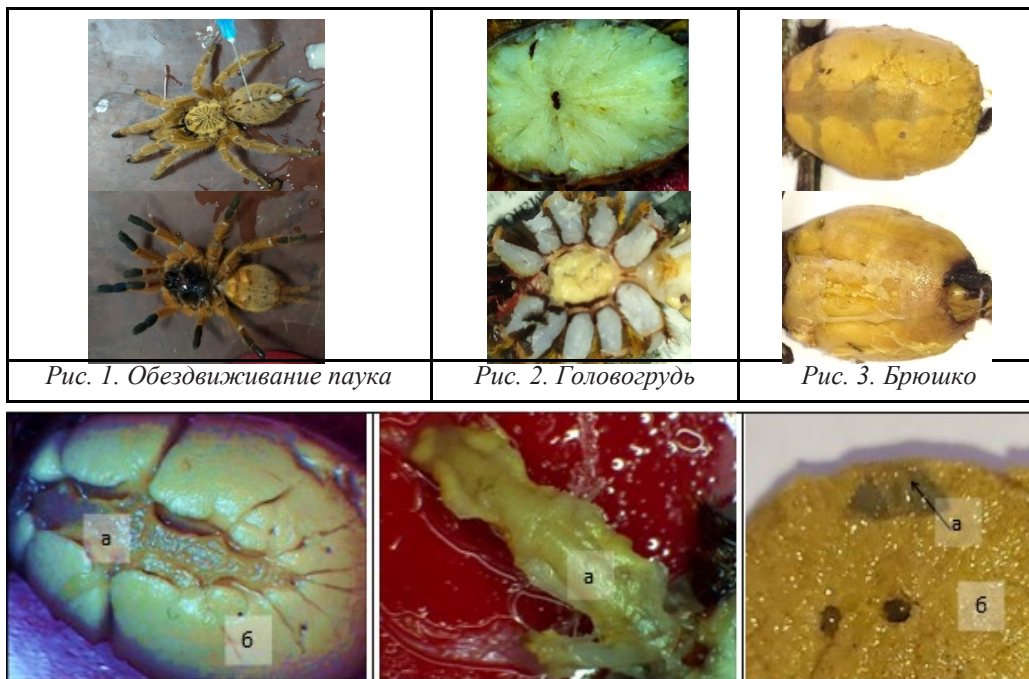


Рис. 1. Обездвиживание паука

Рис. 2. Головогрудь

Рис. 3. Брюшко

Рис. 4. Брюшко с поверхности и в поперечном разрезе (а – сердце, б – печень)

Сердце занимало 2/3 длины брюшка паука. Макроскопически определялось, что сердце имеет сегментарное строение, это полый орган, цвет – серый. От сердца отходили передняя аорта и задняя аорта и три пары боковых артерий. Задняя аорта разветвлялась и сосуды глубоко погружались в массу печени, где многократно ветвились (рис. 4).

При микроскопическом исследовании срезов выявили, что сердце покрыто тонкостенным соединительнотканым перикардием (рис. 5). Остальная часть представлена сердечной мышечной тканью, которая образует выступы во внутреннюю полость. Сердечная мышца представляет собой ветвящиеся поперечнополосатые волокна, включающие ядра овальной формы (рис. 6). Просвет полого органа заполнен клеточными элементами гемолимфы.

Органы брюшка снабжаются гемолимфой через слабо развитую заднюю аорту и три парные боковые артерии. Эти сосуды глубоко внедряются в массу печени, где многократно делятся. Сосудистая система пауков является открытой сетью, в которой отсутствуют капилляры. Гемолимфа свободно диффундирует в тканевые пространства, мелкие лакуны и щели, и таким образом омываются внутренние органы, кровь становится венозной и собирается в более крупные венозные синусы. В головогрудь венозная гемолимфа собирается на брюшной стороне и по парным синусам стебелька течет в брюшко, где поступает в брюшной венозный синус. В этот же синус попадает гемолимфа после омовения органов брюшка. Возвращение гемолимфы к сердцу в основном происходит за счет простого отрицательного давления, когда сердце расслабляет-



ся между сокращениями [2, 7, 8, 9].

Внутренней средой организма беспозвоночных животных является гемолимфа. Через нее осуществляется, с одной стороны, накопление запасных питательных веществ, с другой – их расщепление, трансформация и перенос. Гемолимфа и ее клеточные элементы принимают активное участие в дыхании и общем обмене [2, 3, 13]. Среди членистоногих, характеризующихся незамкнутой системой циркуляции, относительно количество гемолимфы относительно

массы тела составляет от 1 до 46%. Очевидна высокая степень непостоянства объема жидкостей внутренней среды у этих животных, учитывая, что скорость потока гемолимфы зависит от интенсивности работы сердца, а также стадии развития насекомого и условий окружающей среды [2, 8, 13].

Местом производства клеток гемолимфы являются стенки сердца и при микроскопии нами было выявлено скопление прогемоцитов на границе печени и сердца (рис. 8).

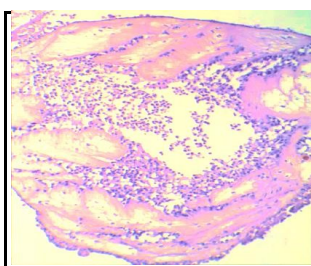


Рис. 5. Сердце  
Гематоксин-эозин.  
Микрофото. Ув.: ×240

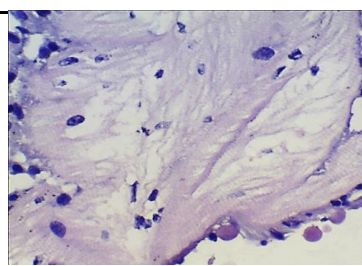


Рис. 6. Сердечная мышечная  
ткань. Гематоксин-эозин.  
Микрофото. Ув.: ×600

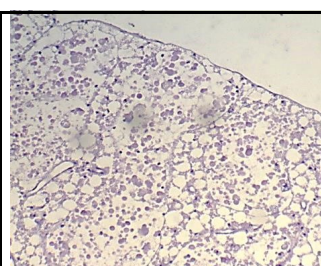


Рис. 7. Печень  
Гематоксин-эозин.  
Микрофото. Ув.: ×240

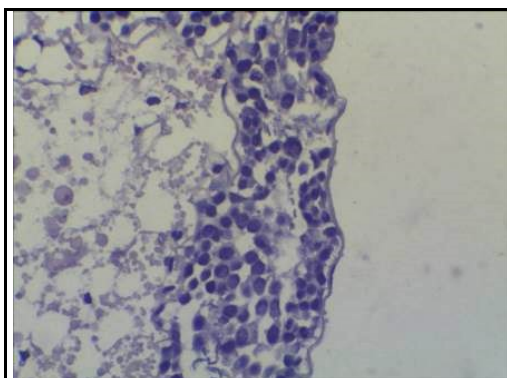


Рис. 8. Кластеры гемобластов. Гем.-эоз.  
Микрофото. Ув.: ×400

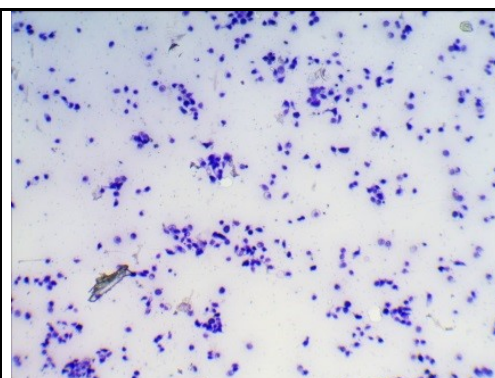


Рис. 9. Клетки гемолимфы.  
Окраска по Романовскому-Гимзе.  
Микрофото. Ув.: ×100

После ампутации конечности с поверхности разреза выделялась гемолимфа. Она представляла собой слегка опалесцирующую прозрачную жидкость, которая при рассмотрении в проходящем свете имела голубоватый оттенок.

Гемолимфа содержит форменные эле-

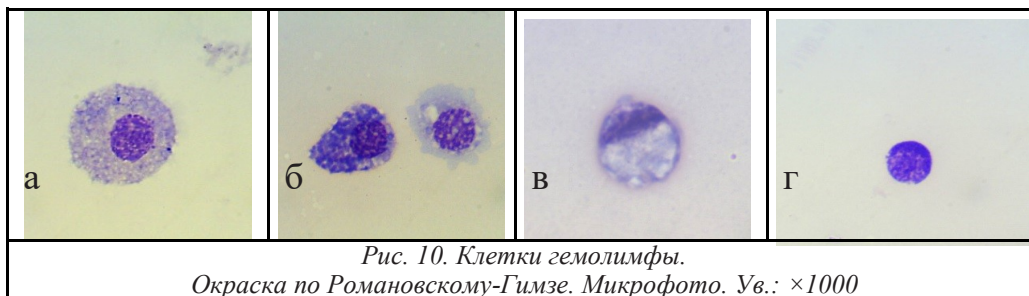
менты – гемоциты. Согласно классификации, предложенной Присным А.А., для представителей типа Artropoda, выделяется 8 типов клеток [3, 14]. Другими авторами выделяются три вида клеток гемолимфы: гиалиновые (НС), клетки с мелкими гранулами (SGC) и клетки с крупными

гранулами (LGC). Эти три типа гемоцитов выделялись на основе размера клеток и ядер, диаметра гранул, количества цитоплазматических гранул в клетке [4].

Нами был изучен клеточный состав гемолимфы пауков-птицеедов *Pterinochilus murinus* путем микроскопии. Большинство клеток представляют собой гемоциты, которые в некоторой степени аналогичны лейкоцитам. Они составляют основную часть иммунной системы насекомых. Рассматривая мазок гемолимфы при малом увеличении установлено, что клеточные элементы формируют небольшие островки или скопления, так могут локализоваться и одиночно (рис. 9). Микроскопируя при большем увеличении нами были выделены две группы клеток: с типичным круглым ядром и клетки, содержащие сегментированное клеточное ядро.

Среди клеток с клеточным ядром круглой формы выявлены также некоторые дифференциальные особенности. На рисунке 10, а представлено фото клетки, с четко выраженными гранулами хроматина в крупных ядрах, которой четко выражены, имеют интенсивную базофильную окраску. Цитоплазма преимущественно

голубого цвета с выраженной мелкой зернистостью. У другого типа клеток (рис. 10, б) цитоплазма была настолько интенсивно базофильна, что идентифицировать мелкие базофильные зерна было возможно только при микроскопии с использованием иммерсионной системы. Плотная окрашенная цитоплазма затрудняла выявление ядра, содержащего мелкие фиолетовые гранулы. Клетки данного типа отличались полиморфизмом: ланцетовидные (рис. 11, а), овальные (рис. 11, в), в форме запятой и т.п. Также выявлялись клетки (рис. 10, в), в которых ядра были в форме диска, расположенного центрально или субтерминально. Цитоплазма таких клеточных элементов не содержит гранул, бесцветная и однородная. Также выявлены единичные клетки, в которых небольшой ободок цитоплазмы (рис. 10, г). По морфологии данные клетки имеют сходство с лимфоцитами млекопитающих. Выявлялись клеточные элементы с цитоплазмой, содержащей прозрачные гранулы наподобие липидных включений (рис. 11а, 11 б). Еще один тип клеток (рис. 11 г) не имел четкого разделения ядра и цитоплазмы. Возможно клетка была зафиксирована в состоянии митоза.



Нами была выявлена группа гранулоцитов, отличающихся строением ядра. Так ядро клетки на рисунке 12 а имеет бобовидную форму, гранулоцит на рис. 12 б – форму изогнутую, а ядро гранулоцита на рисунке 12 в состоит из 2-х сегментов, связанных между собой тонкой перемычкой. В цитоплазме всех описанных выше клеток выявляется трудно различимая зернистость светло-голубого

цвета. Ядро клетки на рис. 12 г имеет палочковидную форму, но отличается от предыдущих структурой цитоплазмы. Считается, что гранулоциты гемолимфы отвечает за фагоцитоз.

Существенное единообразие в основных субклеточных структуры гемоцитов пауков-птицеедов затрудняет классифицировать их как отдельные клеточные типы. Эти формы показывают общее про-

исхождение и, наверное, правильное было бы рассматривать их как различные функциональные состояния уникальной клеточной линии, которые начинаются с про-

гемокита и приводит к превращению в зернистую клетку через стадию развития плазматоцита [4].

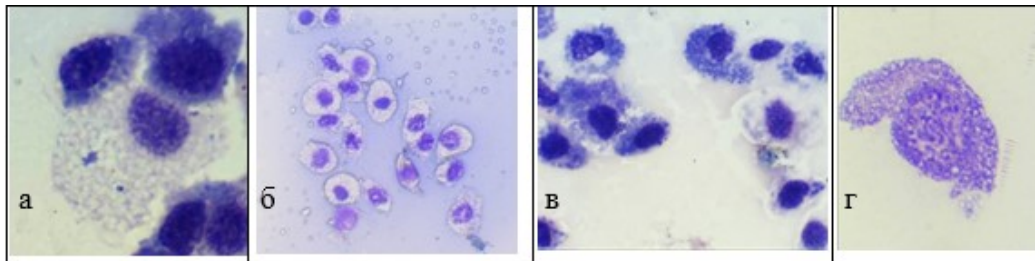


Рис. 11. Клетки гемолимфы.  
Окраска по Романовскому-Гимзе. Микрофото. Ув.:  $\times 400$

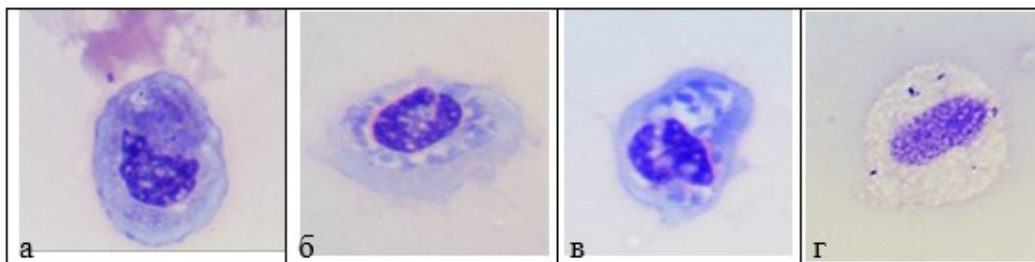


Рис. 12. Клетки гемолимфы. Окраска по Романовскому-Гимзе.  
Микрофото. Ув.:  $\times 1000$

Также микроскопическому исследованию были подвергнуты органы брюшка. После снятия покровов с брюшка нами было выявлено, что основная масса данной части тела паука представлена печенью. Печень представляла собой сплошную массу, без четкого разделения на доли (рис. 7). По происхождению это парный орган, но нами макроскопически не было выявлено долей. Ткань печени представляла собой светло-желтую массу мелкозернистой консистенции, с жирным блеском. Консистенция органа была мягкой, напоминала жировую массу. Печень занимала практически всю полость брюшка, она окружала все органы, за исключением легочных мешков. Дольки не выражены, целостность органа поддерживалась благодаря нежной рыхлой соединительной ткани. Поверхность печени

покрыта неглубокими бороздками, в которых лежат тонкие мышечные волокна, которые соединяются с мускулами и лигаментами сердца.

Микроскопически печень не имела классического дольчатого строения. Выявлены хаотичные скопления гепатоцитов, анастомозирующие между собой, без образования четких печеночных балок. Тонкие прослойки рыхлой соединительной ткани местами формируют гроздеподобные клеточные образования (рис. 13).

В прослойках рыхлой соединительной ткани содержатся адипоциты, которые формируют отдельные жировые тяжи. Среди гепатоцитов можно выделить два типа клеток: крупноядерные и мелкоядерные. В ядрах крупных гепатоцитов хорошо выражены глыбки хроматина.



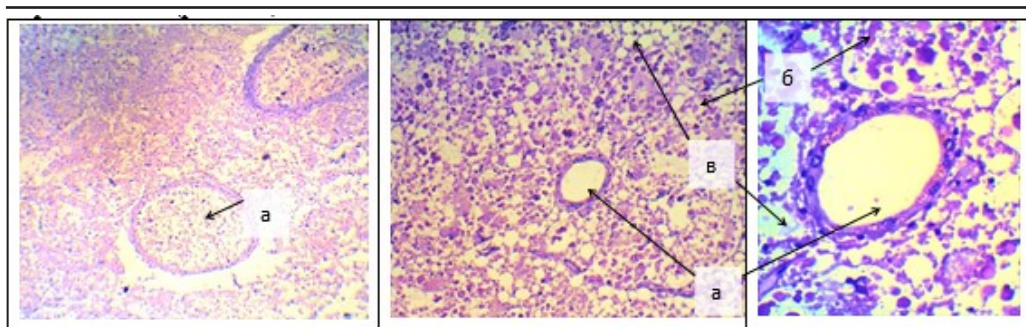


Рис. 13. Печень. а - просвет тонкой кишки.  
Гематоксилин-эозин.  
Микрофото. Ув.:  $\times 400$

Рис. 14. Печень. а - выводной проток, б – экскреторные шары и конкреции, в - вакуоли. Гематоксилин-эозин.  
Микрофото. Ув.:  $\times 600$ ,  $\times 1000$

Жидкая пища из сосательного желудка пауков поступает в слепые мешки желудка и полости печени, где переваривается [1]. Ферментные клетки секретируют энзимы, которые выходят за пределы клеток и расщепляют питательные вещества до более простых составляющих, чтобы облегчить их транспорт в питательные клетки. Цитоплазма клеток этого типа переполнена вакуолями (рис. 14, в), в которых продолжается переработка пищевых веществ до элементарных структурных компонентов. Непереваренные остатки в виде темных экскреторных шаров и конкреций (рис. 14, б) выталкиваются в просвет печени, откуда затем выносятся в тонкую кишку (рис. 13, а) и далее в клоаку.

#### ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION

Анализируя данные, полученные из различных источников, и результаты собственных исследований становится понятно, что гистологические исследования различных представителей членистоногих часто выдают огромное количество терминов, особенно это касается описания клеток гемолимфы. Ситуация усложняется из-за большого количества вновь опубликованных данных, основанных на ультраструктурном и функциональном анализе клеточных элементов гемолимфы. Этот современный подход с одной стороны открыл новые возможности для оценки, но в тоже время это еще более усложнило номенклатуру [4]. Нами при-

менялись доступные методы исследования, не требующие экономических затрат и наличие специфического оборудования, но позволяющие демонстрировать морфологические структуры тканей и органов представителей отряда Araneae.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Получены данные об особенностях морфологии органов, гистологической структуре тканей и клеток пауков-птицеедов, которые расширяют представление о представителях вида *Pterinochilus murinus* RCF.

#### MORPHOLOGY OF THE INTERNAL ORGANS AND HEMOLYMPH OF THE TARANTULA *PTERINOCHILUS MURINUS* RCF (ARANEAE: THERAPHOSIDAE)

**Mekhova O.S.** – PhD, veterinary medicine (Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus). **Salomatsin M.A.** – student (Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus).

\*[mechovaolga80@mail.ru](mailto:mechovaolga80@mail.ru)

#### ABSTRACT

The goal of the research was to study the morphological and histological properties of the internal organs and the hemolymph content of tarantula *Pterinochilus murinus* RCF (*Araneae: Theraphosidae*). For histological examination, 5 tarantulas of the *Pterinochilus murinus* RCF species, at the age of L6 (the sixth molt), were used. Morphological

studies of tissues, organs, and hemocyte populations were carried out using light microscopy. Macroscopic photos of the heart, liver, lymphoid organs were presented with a description of their shape, structure and topography. The biomaterial was processed in accordance with the method of preparation of histological preparations, which included fixation, washing, dehydration, xylene and paraffin embeddings, preparation of histological sections, deparaffinization and staining with hematoxylin and eosin. Tissues and individual morphological cellular structures of the heart, liver, and lymphoid organs of tarantulas have been described. Also, smears of the spider hemolymph were made, which were fixed on a glass slide and stained by the Romanovsky-Giemsa method. The hemolymph of invertebrates is able to perform all the organism functions. During the study, several types of hemocytes were identified, which were classified primarily depending on morphological characteristics (cell size, shape, presence or absence of intracellular inclusions and their characteristics), the ability to be stained and the staining intensity of various morphological cell structures. The terminology of the described histological structures was given in accordance with the International Histological Nomenclature. Information about morphology of the organs, histological structure of the tissues and cells of tarantulas has been obtained expanding the knowledge of the *Pterinochilus murinus* RCF species.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Большой практикум по зоологии беспозвоночных. Типы: Кольчатые черви, Членистоногие: Учеб. пособие для студентов биолог. спец. Ун-тов. Ч. 2 / А.В. Иванов [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Шк., 1983. – С. 207.
2. Гребцова, Е.А. Морфофункциональная характеристика и осморегуляторные реакции гемоцитов представителей отряда Dictyoptera: дис. ... кан. биол. наук: 03.03.01 / Е.А. Гребцова – Белгород, 2017. – 184 с.
3. Зоология беспозвоночных: Функциональные и эволюционные аспекты: учебник для студ. Вузов: в 4 т. Т. 3. Членистоногие / Эдвард Э. Рупперт [и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 496 с.
4. Присный, А.А. Сравнительный анализ морфофункционального статуса клеточных элементов циркулирующих жидкостей беспозвоночных животных: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.03.01 / А.А. Присный. – Белгород, 2016. – 50 с.
5. Саломатин, М.А. Методы исследования морфологии органов пауков-птицеедов / М.А. Саломатин, О.С. Мехова // Студенты – науке и практике АПК [Электронный ресурс] материалы 107-й Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 20 мая 2022 г. : в 2 частях / УО ВГАВМ ; редкол: Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГАВМ, 2022. – 2 ч. – Режим доступа: <https://www.vsavm.by/wp-content/uploads/2013/11/Studenty-nauke-i-praktike-APK-107-2022-Chast-2.pdf>. – с. 62-63
6. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / Balykina A.B., Kapitonova E.A., Nikonov I.N. [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11, № 16. – С. 11A–16 E. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314.
7. Beckage, N. Insect immunology / N. Beckage.- Academic Press, 2008.- P. 25-49.
8. Circulating hemocytes from larvae of the paper wasp *Polistes dominulus* (Hymenoptera, Vespidae) / F/ Manfredini,\*, Romano D/ a, Enzo O. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/figure/A-Circulating-hemocytes-from-Polistes-dominulus-larvae-stained-for-light-microscopy\\_fig1\\_5780290](https://www.researchgate.net/figure/A-Circulating-hemocytes-from-Polistes-dominulus-larvae-stained-for-light-microscopy_fig1_5780290). – Дата доступа: 21.09.2022.
9. Determination of cell type and haemocyte morphometric characteristics of western australia freshwater crayfish (*Cherax cainii*) at different temperatures in vitro / Bambang W. [et oth]. // e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan. [Электронный ресурс]. - Volume VIII, № 2. - Februari, 2020. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/>



- publication/339501917\_determination\_of\_cell\_type\_and\_haemocyte\_morphometric\_characteristics\_of\_western\_australia\_freshwater\_crayfish\_cherax\_cainii\_at\_different\_temperatures\_in\_vitro. – Дата доступа: 21.09.2022.
10. Evaluation lactic acid bacteria autostrains with anti-campylobacter jejuni activity on broiler chickens productivity / Y.E. Kuznetsov, I.N. Nikonov, E.A. Kapitonova, [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – T. 11, № 15. – С. 11A–15S. DOI:10.14456/ITJEMAST.2020.307.
  11. Obtaining Organic Poultry Breeding Products in Prevention of Micotoxicosis / E. A. Kapitonova [et. al.] // OnLine Journal of Biological Sciences. 2021, 21 (3) : – P. 213-220. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.213.220.
  12. Results of using tripoli on zoohygienic indicators in the raising a parent herd of meat breed chickens / I. I. Kochish, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – T. 11, № 15. – С. 11A – 15 U. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.309.
  13. Ribeiro, C.M. Insect haemocytes: What type of cell is that? / C. Ribeiro, M. Brehelin // Journal of Insect Physiology. – 2006. – Vol. 52. – P. 417-429.
  14. Rizki, M.T.M. Experimental analysis of haemocyte morphology in insects / M.T.M. Rizki // Am. Zool. – 1962. – Vol. 2. – P.247-256.
- REFERENCES**
1. Large workshop on invertebrate zoology. Types: Annelids, Arthropods: Textbook for students of biology. specialist. Univ. Part 2 / A.V. Ivanov [i dr.]. - 3rd ed., revised. and additional - M.: Higher. Shk., 1983. - S. 207. (In Russ.)
  2. Grebtsova, E.A. Morphofunctional characteristics and osmoregulatory reactions of hemocytes of representatives of the order Dictyoptera: Cand. ... can. biol. Sciences: 03.03.01 / E.A. Grebtsova - Belgorod, 2017. - 184 p. (In Russ.)
  3. Zoology of invertebrates: Functional and evolutionary aspects: textbook for students. Universities: in 4 vols. Vol. 3. Arthropods / Edward E. Ruppert [and others]. - M.: Publishing Center "Academy", 2008. - 496 p. (In Russ.)
  4. Prisny, A.A. Comparative analysis of the morphofunctional status of cellular elements of circulating fluids of invertebrate animals: author. dis. ... doc. biol. Sciences: 03.03.01 / A.A. Prisny. - Belgorod, 2016. - 50 p. (In Russ.)
  5. Salomatin, M.A. Methods for studying the organ morphology of tarantulas / M.A. Salomatin, O.S. Mekhova // Students - science and practice of the agro-industrial complex [Electronic resource] materials of the 107th International scientific and practical conference of students and undergraduates, Vitebsk, May 20, 2022: in 2 parts / UO VGAVM; editorial board: N.I. Gavrichenko (editor-in-chief) [i dr.]. - Vitebsk: VGAVM, 2022. - 2 hours - Access mode: <https://www.vsavm.by/wp-content/uploads/2013/11/Studenty-nauke-i-praktike-APK-107-2022-Chast-2.pdf>. - With. 62-63. (In Russ.)
  6. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / Balykina A.B., Kapitonova E.A., Nikonov I.N. [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – T. 11, № 16. – С. 11A–16 E. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314.
  7. Beckage, N. Insect immunology / N. Beckage.- Academic Press, 2008.- P. 25-49.
  8. Circulating hemocytes from larvae of the paper wasp *Polistes dominulus* (Hymenoptera, Vespidae) / F/ Manfredini,\*, Romano D/ a, Enzo O. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/figure/A-Circulating-hemocytes-from-Polistes-dominulus-larvae-stained-for-light-microscopy\\_fig1\\_5780290](https://www.researchgate.net/figure/A-Circulating-hemocytes-from-Polistes-dominulus-larvae-stained-for-light-microscopy_fig1_5780290). – Дата доступа: 21.09.2022.
  9. Determination of cell type and haemocyte morphometric characteristics of western australia freshwater crayfish (*cherax cainii*)

- at different temperatures in vitro / Bambang W. [et oth]. // e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan. [Электронный ресурс]. - Volume VIII, № 2. - Februari, 2020. - Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/339501917\\_determination\\_of\\_cell\\_type\\_and\\_haemocyte\\_morphometric\\_characteristics\\_of\\_western\\_australia\\_freshwater\\_crayfish\\_cherax\\_cainii\\_at\\_different\\_temperatures\\_in\\_vitro](https://www.researchgate.net/publication/339501917_determination_of_cell_type_and_haemocyte_morphometric_characteristics_of_western_australia_freshwater_crayfish_cherax_cainii_at_different_temperatures_in_vitro). - Дата доступа: 21.09.2022.
10. Evaluation lactic acid bacteria autostrains with anti-campylobacter jejuni activity on broiler chickens productivity / Y.E. Kuznetsov, I.N. Nikonov, E.A. Kapitonova, [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. - 2020. - T. 11, № 15. - C. 11A-15S. DOI:10.14456 / ITJEMAST.2020.307.
11. Obtaining Organic Poultry Breeding Products in Prevention of Micotoxicosis / E. A. Kapitonova [et. al.] // OnLine Journal of Biological Sciences . 2021, 21 (3) : – P. 213-220. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.213.220.
12. Results of using tripoli on zoohygienic indicators in the raising a parent herd of meat breed chickens / I. I. Kochish, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. - 2020. - T. 11, № 15. - C. 11A – 15 U. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.309.
13. Ribeiro, C.M. Insect haemocytes: What type of cell is that? / C. Ribeiro, M. Brehelin // Journal of Insect Physiology. - 2006. - Vol. 52. - P. 417-429.
14. Rizki, M.T.M. Experimental analysis of haemocyte morphology in insects / M.T.M. Rizki // Am. Zool. - 1962. - Vol. 2. - P.247-256.

УДК: 619:576.89

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.96

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СТЕНКИ КИШЕЧНИКА У САМОК ИКСОВОГО КЛЕЩА РОДА *DERMACENTOR* В ПЕРИОД ПИТАНИЯ

**Проскурин Д. А.** <sup>\*1</sup> – асп. каф. паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, анатомии и патанатомии им. профессора С. Н. Никольского (ORCID: 0009-0004-0524-5354), **Дилекова О. В.** – д. биол. н., доц., зав. каф. паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, анатомии и патанатомии им. профессора С. Н. Никольского (0000-0003-0247-8633)

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

\* pro.kish@mail.ru

**Ключевые слова:** иксодовые клещи, *Dermacentor*, кишечник, пищеварительные клетки, пищеварение, гистология, морфология.

**Key words:** ixodid ticks, *Dermacentor*, intestines, digestive cells, digestion, histology, morphology.

Поступила: 30.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Иксодовые клещи рода *Dermacentor* – паразитоморфные клещи, являющиеся переносчиками ряда опасных зооантропонозов, имеют широкое распространение. Кишечник взрослой особи содержит в себе несколько типов клеток: переваривающие, секреторные, резервные и желточные. Пищеварительные клетки I и II типов участвуют в процессе внутриклеточного пищеварения и являются основными компонентами стенки средней кишки. После осеменения, в кишечнике начинают формироваться желточные клетки, регулирующие развитие ооцитов. Исследования проводились на базе кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, анатомии и патанатомии им. проф. С. Н. Никольского и на Научно-диагностическом и лечебном ветеринарном центре ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», а также на базе ветеринарных клиник ИП Заиченко «Ветеринарный центр им. Пирогова». Объектом исследования служили иксодовые клещи, материалом для исследования послужила пищеварительная система самок, в частности средний отдел кишечника. Макроскопическое исследование напивавшихся самок клеща *Dermacentor* помогло выявить, что кишечник представляет собой непарный трубчатый орган, разделенный на три отдела: пищевод, мешковидный междук и тонкую кишку. С поступлением крови кишка расширяется, вследствие чего резервные клетки начинают расти и дифференцироваться в первичные пищеварительные. К моменту начала яйцекладки пищеварительные клетки I дегенерируют и их заменяют пищеварительные клетки II типа, дифференцировавшиеся из резервных. У напивавшихся самок, с отмечающимся активным процессом вителлогенеза, отмечается наличие специализиро-

ванных желточных клеток. Таким образом, с началом периода питания у иксодовых клещей происходит увеличение кишечника за счет асинхронного развития пищеварительных клеток I и II типа. В процессе пищеварения в полость кишечника, заполненного кровью хозяина, очагово отслаиваются секреторные клетки, что характеризует ускорение процесса гемолиза эритроцитов. В заключительной фазе пищеварения, и начале процесса вителлогенеза образуются желточные клетки, регулирующие развитие ооцитов.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Иксодовые клещи рода *Dermacentor* – облигатные эктопаразиты, являющиеся переносчиками ряда опасных заболеваний, одним из которых является бабезиоз. Казарина В. В. (2005) показали, что данные паразитморфные гематофаги имеют достаточно широкое распространение не только по Северокавказскому федеральному округу, но и по всей России.

В своих исследованиях Débora Caperucci et al (2009) и M. F. B. Ribeiro and J. D. Lima (1996) выявили, что кишечник взрослой особи подразделяется на три основных отдела: передний отдел или пищевод, средний отдел и задний. Во время питания кишечник увеличивается в размерах и заполняет большую часть полости тела клеща. По данным Débora Caperucci, Gervásio Henrique Bechara et al (2010) средняя кишка выступает как основной пищеварительный элемент, имеющий прямой контакт с кровью, получаемой от хозяина, и выступает в качестве защитного барьера. Кишечник взрослой особи содержит в себе несколько типов клеток, таких как переваривающие клетки, секреторные клетки, резервные клетки и желточные (Agrebe R. I. S. and Kemp D. H. (1987)).

Резервные клетки, или же стволовые – важная составляющая эпителия кишечника, ввиду своей способности дифференцироваться на любой из других типов клеток. Первый вид дифференцированных клеток-секреторные клетки. Они участвуют в процессе пищеварения и высвобождают ферменты и кислую фосфатазу в просвет кишечника, а затем разрушаются. По данным Zdeněk Franta (2010) пищеварительные клетки I и II типов участвуют в процессе внутриклеточного пищеварения и являются основными компонентами стенки средней кишки. Клетки I типа представляют подавляющую массу в фазе

до оплодотворения, или же медленного питания, тогда как клетки II типа постепенно замещают клетки I типа пищеварения во второй фазе пищеварения, или же быстрой фазе. В быстрой фазе пищеварения происходит поглощение всей крови из просвета кишечника. В дальнейшем, после осеменения, в кишечнике начинают формироваться желточные клетки. Данный тип клеток синтезирует вителлогенин, поступающий через гемолимфу в созревающие ооциты (Patrícia Rosa de Oliveira (2014, 2017)).

Согласно литературным данным, основные исследования были посвящены морфологии и внутренней анатомии иксодовых клещей таких родов как *Rhipicephalus*, *Amblyomma*, *Haemaphysalis* но при этом имеются лишь единичные сведения об изменениях в кишечнике у клещей рода *Dermacentor*.

Цель исследования – изучить характеристику анатомо-гистологических особенностей строения кишечника самок иксодовых клещей рода *Dermacentor* [1-8].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования проводились на базе кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, анатомии и патанатомии им. проф. С. Н. Никольского и на Научно-диагностическом и лечебном ветеринарном центре ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», а также на базе ветеринарных клиник ИП Заиченко «Ветеринарный центр им. Пирогова».

Объектом исследования служили иксодовые клещи, которые были получены путем экстракции пинцетом ротационными движениями с собак во время проведения приема у ветеринарного специалиста. Визуально, при помощи стереомикроскопа MST-131 PZO (Польша) эктопаразиты

были идентифицированы как напивавшиеся самки иксодового клеща рода *Dermacentor*, по наличию мраморного окраса на спинном щитке, прямоугольного основания головы, короткому хоботку и щупикам; а также расщепленным коксам передней пары ног на небольшие парные шпоры. Для исследований были отобраны напивавшиеся самки ( $n=25$ ). Каждая самка помещалась в отдельную стеклянную пробирку, закрытую ватным тампоном для обеспечения доступа кислорода, после чего пробирки помещались в холодильную камеру лабораторного холодильника Liebherr LCv 4010 MediLine (Германия) на 3 суток при температуре  $4-7^{\circ}\text{C}$  с целью замедления обмена веществ и создания температурного шока согласно предложенной методике Gustavo Seron Sanches (2010).

По истечению 3-х суток, клещи из пробирок вынимались и помещались в гомогенизированный парафин (Biovitrum, Россия) в горизонтальном положении брюшком вниз, с целью утапливания тела и лапок. Затем, при помощи лезвия бытовой бритвы, удалялась верхняя крышка, после чего производили отцифровку анатомического положения репродуктивных органов самки при помощи стереомикроскопа MST-131 PZO (Польша) и камеры Panasonic DMC-FS7 при увеличении  $\times 16$  и  $\times 25$ .

Материалом для исследования послужила пищеварительная система самок, в частности средний отдел кишечника. Для этого самок помещали в 10% раствор забуференного формалина на 3 суток в холодильник при температуре  $4-7^{\circ}\text{C}$ . Проводку и заливку материала проводили по стандартной гистологической технике, после чего делали срезы толщиной 5-7 мкм. Для рутинного исследования гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином.

Микроскопическое исследование гистологических срезов самок клеща проводилось при помощи микроскопа Olympus BX53 (Япония) при увеличении  $\times 4$ ,  $\times 20$ ,  $\times 40$ ,  $\times 100$  со встроенным фотоаппаратом SC50 (Micromed, Россия). Морфометриче-

ское исследование проводилось при помощи программы ВидеоТест-Морфология 5,1 (Россия) [9-14].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Макроскопическое исследования напивавшихся самок клеща *Dermacentor* помогло выявить, что кишечник представляет собой непарный трубчатый орган, разделенный на три отдела: пищевод, мешковидный желудок с объемными дивертикулами и заднюю часть, представленную тонкой кишкой.

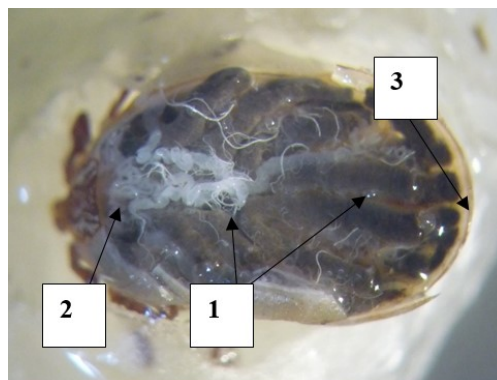


Рисунок 1 – Напивавшаяся самка клеща рода *Dermacentor* с удаленной верхней крышкой.

1 – кишечник; 2 – слюнные железы; 3 – кутикула. Увеличение  $\times 25$

Во время начальной фазы питания, в кишечнике голодных клещей находятся недифференцированные резервные и пищеварительные клетки, сохранившиеся от предшествующей нимфальной стадии. Резервные клетки расположены у базальной мембраны и имеют в основном кубическую или цилиндрическую форму. Кишечник окружает слой гладких мышечных волокон.

Нами было установлено, что с поступлением крови кишка расширяется за счет поглощения первых порций крови хозяина, вследствие чего резервные клетки начинают расти и дифференцироваться в первичные пищеварительные, которые визуальным образом становятся округлыми, широкими и проявляют признаки поглощения и переваривания гемоглобина, наблюда-



ется расширение просвета с большим количеством эритроцитов внутри, которые затем разрушаются под влиянием пищеварительных клеток, образуется гемосидерин, который в дальнейшем удаляется из кишечника.

У питающихся самок клеща установлены многочисленные изменения в эпителии кишечника: резервные клетки дифференцируются в секреторные и располагаются в просвете кишечника и между пищеварительными клетками, приобретая сферическую форму и периферическую границу. Ядра клеток крупные, имеют зернистые включения, базальная мембрана тонкая, в цитоплазме имеются включения, которые, по нашему мнению, содержат секрет (Рис. 2).

Пищеварение у иксодовых клещей, согласно многочисленным исследованиям, представлено внутриклеточным процессом пищеварения, в котором принимают активное участие пищеварительные клетки I и II типов. Однако, ввиду асинхронного процесса пищеварения, на разных участках кишечника можно наблюдать как клетки, относящиеся к первому этапу, так и ко второму этапу пищеварения.

При микроскопическом исследовании, нами было установлено, что клетки I типа

приобретают фенотип вытянутых цилиндров, которые выступают в просвет кишечника и имеют тесную связь с элементами крови (Рис. 2). Они имеют крупные округлые ядра, расположенные в центре клетки. Цитоплазма плотная, обнаруживаются островки, которые, по нашему мнению, являются наличия в данных зонах эндоплазматического ретикулуума.

Характерной особенностью пищеварительных клеток I типа является отторжение части клеток в просвет кишечника, за счет чего увеличивается переваривающая поверхность стенки органа.

Кроме того, при дальнейшем исследовании нами было выявлено, что пищеварительные клетки I типа имеют тенденцию к исчезновению с последующей заменой на клетки II типа, дифференцировавшиеся из резервных клеток.

Клетки II типа представляют собой крупные клетки с плотной темной цитоплазмой, булавовидной или цилиндрической формы, с крупным ядром и цитоплазматическими базофильными включениями (Рис. 3).

К моменту начала яйцекладки пищеварительные клетки II типа увеличиваются, вдаваясь в просвет кишечника, который, в дополнение, сильно сужается, что,

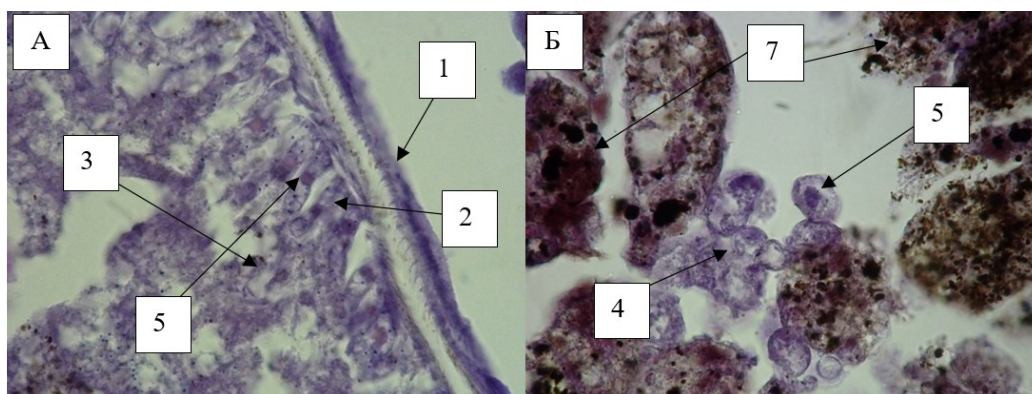


Рисунок 2 – Гистологические срезы полупитававшейся самки иксодового клеща рода *Dermacentor*. А, Б – Кишечник иксодового клеща.

1 – гладкие мышечные волокна кишечника; 2 – пищеварительные клетки I типа; 3 – отторгнутые пищеварительные клетки; 4 – секреторные клетки; 5 – ядро клетки; 6 – кровь в просвете кишечника; 7 – гемосидерин.  
Увеличение  $\times 1000$ ; окраска гематоксилином и эозином.

по нашему мнению, является механизмом активного поглощения крови (Рис. 3).

При изучении напивавшихся самок нами было установлено, что просвет кишечника заполняется пищеварительными

клетками и темной гематиновой массой, что, вероятно, отражает процесс дегенерации пищеварительных клеток на завершающем этапе пищеварения (Рис. 3).

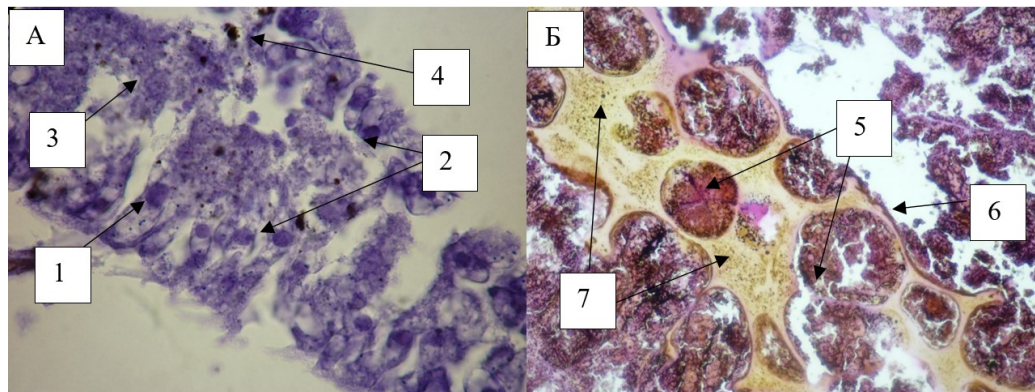


Рисунок 3 – Гистологические срезы напивавшейся самки иксодового клеща рода *Dermacentor*.

А – Кишечник иксодового клеща. 1 – пищеварительные клетки II типа; 2 – ядро клетки; 3 – кровь в просвете кишечника; 4 – гемосидерин. Увеличение  $\times 1000$ ; окраска гематоксилином и эозином.

Б – кишечник иксодового клеща с началом вителлогенеза. 5 – Желточные клетки; 6 – мышечный слой кишечника; 7 – остаточные гематиновые массы. Увеличение  $\times 200$ ; окраска гематоксилином и эозином.

У напивавшихся самок, с отмечающимся активным процессом вителлогенеза, отмечается наличие специализированных желточных клеток, которые по многочисленным исследованиям синтезируют белок вителлогенин, поступающий в гемолимфу и участвующий в процессе вителлогенеза (Рис. 3). У полунапивавшихся самок желточные клетки имеют небольшие размеры и расположены между пищеварительными клетками, тогда как у напивавшихся самок они визуально значительно увеличиваются в размерах, поступая в просвет кишечника. С началом яйцекладки желточные клетки дегенерируют и уменьшаются в размерах. Мышечный слой становится тоньше, подвергается процессу дегенерации.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом нами было установлено:

С началом периода питания у иксодовых клещей происходит увеличение ки-

шечника за счет асинхронного развития пищеварительных клеток I и II типа, секреторных клеток, дифференцированных из пула резервных, а также происходит увеличение полости кутикулы.

В процессе пищеварения в полость кишечника, заполненного кровью хозяина, очагово отслаиваются секреторные клетки, с последующим разрушением и выходом клеточного секрета, участвующего в полостном пищеварении, что характеризует ускорение процесса гемолиза эритроцитов.

Процесс пищеварения в кишечнике гематофага приводит к заполнению его гематиновой массой, уменьшению его в объеме за счет активного процесса дегенерации пищеварительных клеток, что свидетельствует о заключительной фазе пищеварения, и начала процесса вителлогенеза с образованием желточных клеток, регулирующих развитие ооцитов.

**FEATURES OF THE MICROSCOPIC STRUCTURE OF THE INTESTINAL WALL IN FEMALES OF THE IXODIC TICK OF THE GENUS DERMACENTOR DURING THE FEEDING PERIOD.**

**Proskurin D. A.** <sup>\*1</sup> – asp. of the Department of Parasitology and Veterinary-sanitary examination, anatomy and Pathanatomy named after Professor S. N. Nikolsky (ORCID: 0009-0004-0524-5354), **Dilekova O. V.** – Doctor of Biology, Assoc., Head of the Department. parasitology and veterinary and sanitary examination, anatomy and pathanatomy named after Professor S. N. Nikolsky (0000-0003-0247-8633) Stavropol State Agrarian University

\* [pro.kish@mail.ru](mailto:pro.kish@mail.ru)

**ABSTRACT**

Ixodic ticks of the genus *Dermacentor* are parasitomorphic ticks that are carriers of a number of dangerous zoonanthropozonoses, have a wide distribution. The intestine of an adult contains several types of cells: digesting, secretory, reserve and yolk cells. Digestive cells of types 1 and 2 are involved in the process of intracellular digestion and are the main components of the wall of the middle intestine. After insemination, yolk cells begin to form in the intestine, regulating the development of oocytes. The research was carried out on the basis of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Examination, Anatomy and Pathanatomy named after Prof. S. N. Nikolsky and at the Scientific Diagnostic and Therapeutic Veterinary Center of the Stavropol State Agrarian University, as well as on the basis of veterinary clinics of IP Zaichenko "Veterinary Center named after Pirogova". The object of the study was ixode mites, the material for the study was the digestive system of females, in particular the middle part of the intestine. Macroscopic examination of the nourished females of the *Dermacentor* tick helped to reveal that the intestine is an unpaired tubular organ divided into three sections: the esophagus, the sac-like meatus and the small intestine. With the arrival of blood, the intestine expands, as a result of which reserve cells begin to grow and differentiate into primary digestive ones. By the time egg

laying begins, digestive cells of type I degenerate and are replaced by digestive cells of type II, differentiated from reserve cells. In nourished females, with an active process of vitellogenesis, the presence of specialized yolk cells is noted. Thus, with the beginning of the feeding period in ixodic mites, an increase in the intestine occurs due to the asynchronous development of digestive cells of type I and II. During digestion, secretory cells are focally exfoliated into the intestinal cavity filled with the host's blood, which characterizes the acceleration of the process of erythrocyte hemolysis. In the final phase of digestion, and the beginning of the vitellogenesis process, yolk cells are formed that regulate the development of oocytes.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Zdeněk Franta, Helena Frantová, Jitka Konvičková, Martin Horn, Daniel Sojka, Michael Mareš, and Petr Kopáček corresponding. Dynamics of digestive proteolytic system during blood feeding of the hard tick *Ixodes ricinus*. *Parasit Vectors*. 2010; 3: 119.
2. Белова, Л. М. Эктопаразитозы крупного рогатого скота в хозяйствах ленинградской области / Л. М. Белова, А. Н. Токарев // Известия КГТУ. Учредители: Калининградский государственный технический университет. 2008. – №13. – С. 29-32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16689829>
3. Пожарова, Н. Н. Пироплазмоз собак (эпизоотическая ситуация, некоторые аспекты патогенеза, лечение и профилактика): автореф. дис. ... канд. вет. наук / Пожарова Н. Н. – Ставрополь, 2005. – 23 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16067589>
4. Тохов, Ю. М. Фенология иксодовых клещей рода *Dermacentor* в центральном Предкавказье / Ю. М. Тохов, С. Н. Луцук, Ю. В. Дьяченко // Паразитология. 2013. – №6 – С. 437-447. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20920355>
5. Débora Caperucci 1, Maria Izabel Camargo Mathias, Gervásio Henrique Bechara. Histopathology and ultrastructure features of the midgut of adult females of the tick *Amblyomma cajennense* Fabricius, 1787 (Acari:

Ixodidae) in various feeding stages and submitted to three infestations. *Ultrastruct Pathol* 2009 Dec;33(6):249-59.

6. Trukhachev, V. I. Distribution and ecological characteristics of hyalomma ixodid ticks in the ecosystems of the Stavropol region / V. I. Trukhachev, Yu. M. Tokhov, S. N. Lutsuk, A. A. Dylev, V. P. Tolokonnikov, Yu. V. Dyachenko // *South of Russia ecology development*. January, 2016. – №11(2) – p. 59-69. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26342875>

7. M. F. B. Ribeiro and J. D. Lima. Morphology and development of *Anaplasma marginale* in midgut of engorged female ticks of *Boophilus microplus*. *Veterinary Parasitology*. Volume 61, Issues 1–2, January 1996, Pages 31-39.

8. Débora Caperci, Gervásio Henrique Bechara, Maria Izabel Camargo Mathias. Ultrastructure features of the midgut of the female adult *Amblyomma cajennense* ticks Fabricius, 1787 (Acari: Ixodidae) in several feeding stages and subjected to three infestations. *Micron* 2010 Oct;41(7):710-21.

9. R. I. S. Agbede and D. H. Kemp. Ultrastructure of secretory cells in the gut of the cattle-tick *Boophilus microplus*. *Int J Parasitol* 1987 Aug;17(6):1089-98.

10. Patrícia Rosa de Oliveira, Izabela Bragão Calligaris, Gervásio Henrique Bechara, Maria Izabel Camargo Mathias. *Rhipicephalus sanguineus sensu lato* (Acari: Ixodidae) nymphs: An ultrastructural study of the integument and midgut. *Ticks and Tick-borne Diseases*, Volume 5, Issue 6, October 2014, Pages 834-840.

11. Patrícia Rosa de Oliveira, Luis Adriano Anholeto, Gervásio Henrique Bechara, Maria Izabel Camargo Mathias. Dinotefuran-induced morphophysiological changes in semi-engorged females *Rhipicephalus sanguineus* Latreille, 1806 (Acari: Ixodidae) ticks: Ultra-structural evaluation. *Acta Tropica*. Volume 166, February 2017, Pages 139-154.

12. Гаврилова, Н. А. Особенности морфологии клещей рода *Choriopetes*, паразитирующих на крупном рогатом скоте в условиях Северо-Запада России / Н. А. Гаврилова, Л. М. Белова, М. С. Петрова,

О. А. Логинова // *Современные проблемы общей и частной паразитологии. Материалы II Международного паразитологического форума*. Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины; Зоологический институт РАН. 2017. – С. 64-68. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32246500>

13. Логинова, О. А. К вопросу о размножении иксодовых клещей / О. А. Логинова, Л. М. Белова, Н. А. Гаврилова, М. С. Петрова, Ю. Е. Кузнецов, В. А. Ширяева // *Современные проблемы общей и частной паразитологии. Материалы II Международного паразитологического форума*. Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины; Зоологический институт РАН. 2017. – С. 173-176. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32294638>

14. Проскурин, Д. А. Развитие ооцитов иксодового клеща рода *Dermacentor* / Д. А. Проскурин, О. В. Дилекова // *Ветеринарная патология*. 2023. – С. 38-45. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50739164>

## REFERENCES

1. Zdeněk Franta, Helena Frantová, Jitka Konvičková, Martin Horn, Daniel Sojka, Michael Mareš, and Petr Kopáčekcorresponding. Dynamics of digestive proteolytic system during blood feeding of the hard tick *Ixodes ricinus*. *Parasit Vectors*. 2010; 3: 119.

2. Belova, L. M. Ectoparasitoses of cattle in the farms of the Leningrad region / L. M. Belova, A. N. Tokarev // *Izvestiya KSTU*. Founders: Kaliningrad State Technical University. 2008;13:29-32 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16689829>

3. Pozharova, N. N. Pyroplasmiasis of dogs (epizootic situation, some aspects of pathogenesis, treatment and prevention): autoref. dis. ... candidate of Vet. sciences / Pozharova N. N. – Stavropol, 2005:23 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16067589>

4. Tokhov, Yu. M. Phenology of ixodic ticks of the genus *Dermacentor* in the central Caucasus / Yu. M. Tokhov, S. N. Lutsuk, Yu. V. Dyachenko // *Parasitology*. 2013;6:437-447. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32246500>



id=20920355

5. Débora Caperucci 1, Maria Izabel Camargo Mathias, Gervásio Henrique Bechara. Histopathology and ultrastructure features of the midgut of adult females of the tick *Amblyomma cajennense* Fabricius, 1787 (Acari: Ixodidae) in various feeding stages and submitted to three infestations. *Ultrastruct Pathol* 2009;33(6):249-59.

6. Trukhachev, V. I. Distribution and ecological characteristics of hyalomma ixodid ticks in the ecosystems of the Stavropol region / V. I. Trukhachev, Yu. M. Tokhov, S. N. Lutsuk, A. A. Dylev, V. P. Tolokonnikov, Yu. V. Dyachenko // *South of Russia ecology development*. January, 2016:11(2):59-69. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26342875>

7. M. F. B. Ribeiro and J. D. Lima. Morphology and development of *Anaplasma marginale* in midgut of engorged female ticks of *Boophilus microplus*. *Veterinary Parasitology*. Volume 61, Issues 1–2, January 1996, Pages 31-39.

8. Débora Caperucci, Gervásio Henrique Bechara, Maria Izabel Camargo Mathias. Ultrastructure features of the midgut of the female adult *Amblyomma cajennense* ticks Fabricius, 1787 (Acari: Ixodidae) in several feeding stages and subjected to three infestations. *Micron* 2010;41(7):710-21.

9. R. I. S. Agbede and D. H. Kemp. Ultrastructure of secretory cells in the gut of the cattle-tick *Boophilus microplus*. *Int J Parasitol* 1987;17(6):1089-98.

10. Patrícia Rosa de Oliveira, Izabela Bragão Calligaris, Gervásio Henrique Bechara, Maria Izabel Camargo Mathias. *Rhipicephalus sanguineus sensu lato* (Acari: Ixodidae)

nymphs: An ultrastructural study of the integument and midgut. *Ticks and Tick-borne Diseases*, Volume 5, Issue 6:2014:834-840.

11. Patrícia Rosa de Oliveira, Luis Adriano Anholeto, Gervásio Henrique Bechara, Maria Izabel Camargo Mathias. Dinotefuran-induced morphophysiological changes in semi-engorged females *Rhipicephalus sanguineus* Latreille, 1806 (Acari: Ixodidae) ticks: Ultra-structural evaluation. *Acta Tropica*. February 2017:166:139-154.

12. Gavrilova, N. A. Features of morphology of *Chorioptes* mites parasitizing cattle in the conditions of the North-West of Russia / N. A. Gavrilova, L. M. Belova, M. S. Petrova, O. A. Loginova // *Modern problems of general and private parasitology. Materials of the II International Parasitological Forum*. St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine; Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. 2017:64-68. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32246500>

13. Loginova, O. A. On the issue of reproduction of ixodic ticks / O. A. Loginova, L. M. Belova, N. A. Gavrilova, M. S. Petrova, Yu. E. Kuznetsov, V. A. Shiryayeva // *Modern problems of general and private parasitology. Materials of the II International Parasitological Forum*. St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine; Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. 2017:173-176. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32294638>

14. Proskurin, D. A. Development of oocytes of the ixodic tick of the genus *Dermacentor* / D. A. Proskurin, O. V. Dilekova // *Veterinary pathology*. 2023:38-45. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50739164>





## ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ, ФАРМАЦИЯ

УДК: 617-001.4-085:618.19:636.8

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.104

### КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕЧЕНИЯ РАН КОЖИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У КОШЕК

Алехин Ю. Н. <sup>\*1</sup> – д.вет. н., главный науч. сотр. отдела экспериментальной терапии, (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0666-7722>), Попова О.С. <sup>2</sup> – к. вет. наук, доц. кафедры фармакологии и токсикологии,

<sup>1</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии (ФГБНУ «ВНИВИПФиТ»)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» (ORCID 0000-0002-0650-0837)

\*exterapi@yandex.ru

**Ключевые слова:** раны, мастит, молочная железа, кошки.

**Key words:** wounds, mastitis, mammary gland, cats.

Поступила: 23.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



#### РЕФЕРАТ

Травмы кожи молочной железы являются одной из ведущих причин возникновения мастита у кормящих кошек. Учитывая прогрессирующий характер проблемы маститов у кошек, важную роль в их возникновении травм кожи молочной железы и ограниченный спектр препаратов для их лечения мы провели исследования, целью которых было изучение бактериальной контаминации кожи молочной железы у кормящих кошек и эффективность её коррекции фармакологическими средствами с разным механизмом действия. В условиях приюта для бездомных животных расположенного в Воронежской области были проведены исследования по изучению эффективности нескольких фармакологических средств для лечения травм молочной железы у кормящих кошек.

Сравнительный анализ фармакологического действия мази «Бепантен плюс», 1% раствора диоксида и его комбинации с ПЭГ-400 показал, что эти средства оказывают выраженным санирующим эффектом на поверхность кожи. Однако, при обширных и глубоких повреждениях, обработка кожи средствами, не обладающими или со слабо-выраженными трансдермальными свойствами, не оказывает существенного влияния на степень контаминации глубоких слоев паренхимы молочной железы и количество бактерий в молоке. Усиление проникающей способности диоксида, в частности с помощью ПЭГ-400, на 48% повысило эффективность санации молока, а значит и паренхимы молочной железы. Результаты проведенных исследований показали, что в зависимости от степени повреждений кожи молочной железы имеется соответствующий риск прогрессирования раневой инфекции, контаминации тканей молочной железы и развития мастита.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Травмы кожи молочной железы являются одной из ведущих причинно возникновения мастита у кормящих кошек. Репродуктивное здоровье животных является одной из наиболее актуальных проблем ветеринарии определяющей направления научного поиска и разработку фармакологических средств. К числу патологий со сравнительно широким уровнем распространенности относятся маститы, заболеваемость которыми среди кошек за последние 20 лет увеличилась в несколько раз [1]. Причинами прогрессирования данной проблемы являются сложная этиологическая структура заболевания и трудности проведения ранней диагностики, отсутствие специализированных средств профилактики и терапии [2,3,4]. Одним из источников инфицирования молочной железы являются раны её кожи. Актуальность данного варианта развития мастита у кошек имеет особое значение, так как их кожа имеет существенные отличия, формирующие чувствительность к механическому воздействию и особенности заживления ран [5]. В клинической практике для лечения ран у домашних животных применяют разнообразные лекарственные средства [6,7], однако при повреждении кожи молочной железы преимущественно используют препараты, заимствованные из гуманной медицины.

Учитывая прогрессирующий характер проблемы маститов у кошек, важную роль в их возникновении травм кожи молочной железы и ограниченный спектр препаратов для их лечения мы провели исследования, целью которых было изучение бактериальной контаминации кожи молочной железы у кормящих кошек и эффективность её коррекции фармакологическими средствами с разным механизмом действия.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

В условиях приюта для бездомных животных расположенного в Воронежской области были проведены исследования по изучению эффективности нескольких фармакологических средств для лече-

ния травм молочной железы у кормящих кошек. При проведении данного опыта ни одно животное не пострадало, они не подвергались насильственным и болевым воздействиям. В исследованиях участвовали животные, не отлавливаемые на улицах населенных пунктов, а добровольно сдаваемые владельцами по причине отсутствия возможности их содержания. При первичном обследовании животных было выявлено, что 73 кошки оказались беременными, которые находились под постоянным наблюдением до родов и в течение всего периода кормления (55-60 суток). Кормящие кошки и котят с 30-35 дня жизни получали специализированные сухие корма. Во время кормления ежедневно проводили осмотр и пальпацию молочной железы, результаты которых позволили выявить патологические изменения её кожи. При этом было отмечено, что основной причиной возникновения травм кожи являлись царапины и покусывания, наносимые молодым котенком, преимущественно во время их кормления. В большинстве случаев в начале появлялись пятна красно-синего или синего цвета (синяки), кровоподтеки и реже имело место нарушение целостности кожи в виде поверхностных (только эпидермис) повреждений ран (царапины). В дальнейшем, в местах некоторых травм наблюдался отек и болезненность при пальпации вокруг зоны повреждения. Последующая динамика развития патологического процесса характеризовалась возникновением уплотнений, болезненности при поверхностной и глубокой пальпации, а у некоторых животных имело место развитие мастита. Учитывая отмеченные стадии клинического проявления травм кожи молочной железы, были сформированы опытные группы: №1 (n=15, контроль) - кошки клинически здоровые, №2 (n=21) - животные с поверхностными повреждениями кожи, умеренным отеком и болезненностью при пальпации вокруг зоны повреждения, №3 (n=21) - больные с повреждением кожи, уплотнениями тканей молочной железы. В каждой подгруппе были выделены по три подгруппы по 7

животных в каждой:

- 1а, 2а и 3а – (контроль) – не применяли каких-либо фармакологических средств,

- 1б – на кожу 3 пары сосков, а в 2б и 3б – на поврежденные участки кожи молочной железы наносили мазь «Бепантен плюс»,

- 1в – на кожу 3 пары сосков, а в 2в и 3в – на поврежденные участки кожи накладывали салфетку, смоченную 1% раствором диоксида,

- 1г – на кожу 3 пары сосков, а в 2г и 3г – на поврежденные участки кожи накладывали салфетку, смоченную раствором, состоящим из 1% диоксида, 23,7% и ПЭГ 400 и дистиллированной воды до 100 мл.

Указанные фармакологические средства применяли один раз в сутки в период с 20 до 50 день лактации. Перед их нанесением с пораженных участков кожи удаляли механические загрязнения и при необходимости выстригали шерсть. Длительность обработки составляла 30 минут с последующим удалением остатков используемых средств. Для предотвращения потерь лекарственных препаратов (во время умывания или игры) накладывали бинтовую повязку или надевали шейный воротник.

В течение опыта животные находились под постоянным клиническим наблюдением, при выявлении у них симптомов мастита они исключались из исследования и подвергались соответствующему лечению. У трех кошек из каждой опытной группы на 30 день лактации перед применением изучаемых средств отбирали пробы молока у здоровых животных (гр 1) из сосков 3 или 4 пар железы, а у больных (гр 2 и 3) из сосков, травмированных и не травмированных молочных холмов. Помимо этого, у этих животных, на 20 и 50 день кормления делали мазок-отпечаток с пораженных и с симметрично расположенным им не пораженным участком кожи. Биологический материал для микробиологического исследования собирали в соответствии с существующими рекомендациями [8]. Пробы молока полу-

чали методом сцеживания, перед которым **мыли** молочные железы с мылом и обрабатывали ватными тампонами, смоченными 70% спиртом. Затем сцеживали 1 мл молока в отдельную посуду, а последующие 2-3 мл в стерильный контейнер исключая при это соприкосновение с кожей. Для получения биоматериала с поверхности кожи использовали полиэтиленовую плёнку с вырезанным в неё отверстием площадью 1 см<sup>2</sup> и транспортную систему представляющую собой пробирку со стерильным физиологическим раствором и зонд-тампон. При этом непосредственно после кормления котят до вылизывания кошкой волосного покрова и кожи накладывали стерильную пленку так, чтобы отверстие совпадало с исследуемым участком, затем тампоном слегка смоченным физиологическим раствором в течении 5-10 секунд прокатывали по поверхности кожи и помещали его в пробирку (с изотоническим раствором натрия хлорида). В полученном биоматериале с помощью традиционных микробиологических методов на твердых питательных средах [9,10,11] определяли количество и вид бактерий. Численность микроорганизмов выражали в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл молока при его исследовании или физиологического раствора при изучении поверхности кожи.

Результаты исследования подвергали статистической обработке. При этом для оценки среднего значения числовой характеристики выборки мы определяли среднюю арифметическую (М), а меру её изменчивости определяли по величине средней ошибки средней арифметической (m). Достоверность межгрупповых различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента и расчёта уровня значимости (Р). При этом достоверным считали различие при уровне значимости  $P < 0,05$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Наблюдение за животными показало, что у всех кошек (n=73) роды протекали без осложнений, в результате родилось 292 клинически здоровых котенка. Повреждения кожи молочной железы в течение

первых двух недель кормления были выявлены у 4 кошек. С 15 до 21 день лактации появление новых травм кожи констатировали у 9 и развитие мастита у 3 животных, в период 22-35 день – соответственно у 20 и 6 гол, 36- 49 день – у 11 и 9 гол и 50-64 день – у 9 и 5 голов. Из 23 кошек, заболевших маститом у 3, диагностировали гнойную и у 20 –катаральную форму патологии, все эти животные были исключены из опыта и подвергнуты соответствующему лечению. У 19 больных возникновению воспаления пакетов молочной железы предшествовало повреждение их кожи.

Таким образом, общая распространен-

ность повреждения кожи молочной железы у кормящих кошек составила 72,6%, а наиболее высокая частота их случаев отмечена с 22 дня лактации и до её завершения. Заболеваемость маститом составила 16,4%. При этом воспаление молочной железы у 82,6% животных возникло на фоне повреждения её кожи, а у 17,4% - без тканевого дефекта.

Результаты бактериологических исследований мазков – отпечатков с поверхности не поврежденной кожи молочной железы (табл.1) показали, что у клинически здоровых кошек (гр 1) с 20 по 50 день лактации количество микроорганизмов увеличился на 10-15% ( $P>0,05$ ).

Таблица 1

**Результаты исследований биоматериала с поверхности кожи молочной железы от кошек клинически здоровых (3 или 4 пара молочных холмов, гр. 1) и с неповрежденных участков симметрично расположенных травмированным у животных в группе №2 и №3 с повреждением кожи молочной железы (гр. 2 и гр. 3)**

| День лактации | № гр | Количество микроорганизмов, КОЕ/мл |                               |                             |                                    |
|---------------|------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
|               |      | Подгруппа «а» (Без препаратов)     | Подгруппа «б» (Бепантен плюс) | Подгруппа «в»(Диоксиди)     | Подгруппа «г» (Диоксиди, ПЭГ- 400) |
| 20            | 1    | 107,5±7,20 x10 <sup>3</sup>        | 107,1±5,74x10 <sup>3</sup>    | 105,5±7,15 x10 <sup>3</sup> | 106,0±7,50x10 <sup>3</sup>         |
|               | 2    | 113,0±5,10 x10 <sup>3</sup>        | 109,9±6,11 x10 <sup>3</sup>   | 111,1±5,12 x10 <sup>3</sup> | 111,0±5,10x10 <sup>3</sup>         |
|               | 3    | 117,0±4,50 x10 <sup>3</sup>        | 116,0±5,00 x10 <sup>3</sup>   | 116,5±5,50 x10 <sup>3</sup> | 116,0±5,70 x10 <sup>3</sup>        |
| 50            | 1    | 118,8±9,15 x10 <sup>3</sup>        | 121,0±10,0 x10 <sup>3</sup>   | 120,5±8,90 x10 <sup>3</sup> | 118,5±8,90 x10 <sup>3</sup>        |
|               | 2    | 152,0±7,00 x10 <sup>3</sup>        | 155,1±7,01 x10 <sup>3</sup>   | 153,5±6,88 x10 <sup>3</sup> | 153,3±6,60 x10 <sup>3</sup>        |
|               | 3    | 168,0±6,30 x10 <sup>3</sup>        | 170,0±6,10 x10 <sup>3</sup>   | 168,0±5,90 x10 <sup>3</sup> | 168,1±6,50 x10 <sup>3</sup>        |

У животных с тканевым дефектом в пробах с отобранных на не травмированных участках, изначально выявлено более высокое (на 5-10%) количество микрофлоры, чем у здоровых. В последующие 30 дней наблюдения количество бактерий возросло в группах №2 и №3 соответственно на 34,5 и 43,6% ( $P<0,05$ ). При этом различие со здоровыми кошками увеличилось до 25-41% ( $P<0,05$ ).

Таким образом, в течение физиологической лактации возрастает степень микробной контаминации кожи молочной железы. У животных с повреждением кожи её бактериальная обсемененность значительно выше, чем у здоровых. При этом увеличение контаминации выявлено как на травмированных, так и на участках без тканевого дефекта.

В период с 20 по 50 день лактации на кожу животных наносили фармакологические средства, которые оказали существенное влияние на её бактериальную контаминацию (таб. 2). Так, у здоровых кошек количество микроорганизмов при

применении «Бепантен плюс» снизилось на 13,2%, но после аппликации диоксида и его комбинации с ПЭГ-400 – на 52,0-52,5%. При этом на месте применения изучающих средств отсутствовали признаки их раздражающего действия.

**Таблица 2**  
**Результаты исследований биоматериала с поверхности кожи молочной железы от кошек клинически здоровых (3 или 4 пара молочных холмов, гр. 1) и с повреждением поврежденных участков у животных в группе №2 и №3 повреждением кожи молочной железы (гр. 2 и гр. 3)**

| Показатели                                                                            | № гр | Фармакологические препараты    |                             |                                |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|                                                                                       |      | Без препара-<br>ратов (а)      | Бепантен плюс<br>(б)        | Диоксидин<br>(в)               | Диоксидин, ПЭГ<br>- 400 (г)  |
| Повреждённые участки кожи молочной железы<br>(в гр. 1 – не поврежденные участки кожи) |      |                                |                             |                                |                              |
| Количе-<br>ство бакте-<br>рий, КОЕ/<br>мл,<br>20 день<br>лактации                     | 1    | 106,8±7,13<br>x10 <sup>3</sup> | 99,8±5,00 x10 <sup>3</sup>  | 107,0±6,08 x10 <sup>3</sup>    | 105,4±5,60x10 <sup>3</sup>   |
|                                                                                       | 2    | 31,8±4,20 x10 <sup>4</sup>     | 37,0±5,16 x10 <sup>4</sup>  | 33,8±5,20 x10 <sup>4</sup>     | 33,4±4,84 x10 <sup>4</sup>   |
|                                                                                       | 3    | 8,37±0,80 x10 <sup>5</sup>     | 7,15±0,70 x10 <sup>5</sup>  | 8,37±0,74 x10 <sup>5</sup>     | 8,40±0,70 x10 <sup>4</sup>   |
| Количе-<br>ство бакте-<br>рий, КОЕ/<br>мл,<br>50 день<br>лактации                     | 1    | 106,3±7,29 x10 <sup>3</sup>    | 92,3±4,72 x10 <sup>3</sup>  | 70,5±3,58<br>x10 <sup>3*</sup> | 71,0±3,25 x10 <sup>3*</sup>  |
|                                                                                       | 2    | 35,3±2,33 x10 <sup>4</sup>     | 20,0±2,81 x10 <sup>4*</sup> | 85,5±4,10 x10 <sup>3*</sup>    | 82,3±3,07 x10 <sup>3*</sup>  |
|                                                                                       | 3    | 8,46±1,05 x10 <sup>5</sup>     | 55,0±3,10 x10 <sup>4*</sup> | 234,7±10,50 x10 <sup>3*</sup>  | 230,5±7,74 x10 <sup>3*</sup> |

\*-  $P < 0,05$  - степень достоверности по отношению к подгруппе «а» (без препаратов).

Результаты бактериологических исследований поверхности кожи молочной железы кошек на 20 день лактации показали, что поверхностные травмы кожи стали причиной увеличения микробной контаминации кожи в 2,98 раза, а при глубоких поражениях в 7,80 раз. На 50 день кормления в подгруппе животным их которой не применяли изучаемые средства (п/г – «а») отмеченное выше межгрупповое соотношение не изменилось. Таким образом, травмы кожи молочной железы являются причиной увеличения количества микроорганизмов на её поверхности как в зоне повреждения,

так и на здоровых участках. При этом степень гиперконтаминации зависит от тяжести повреждения кожи.

У здоровых кошек при назначении мази «Бепантен плюс» (п/г 1б) степень контаминации снизилась на 13,2%, после аппликаций диоксида (1в) и его сочетания с ПЭГ-400 (1г) соответственно на 33,7 и 33,2%, что подтверждает наличие у изучаемых средств антимикробного действия. В сравнении с исходными показателями (п/г 2а и 3а) количество микроорганизмов после применения «Бепантен плюс» уменьшилось на участках с поверхностными на 43,3% и на 34,9% с глу-



бокими дефектами тканей.

На фоне применения диоксида и его комбинации с ПЭГ400 контаминация снизилась на участках кожи на 75,8 и 76,6% с легкой и на 72,3 и 72,7% с тяжелой степенью поражения. Выявленная тенденция к уменьшению санирующего эффекта всех сопоставимых фармакологических средств при большем повреждении кожи, вероятно, обусловлено сравнительно высоким исходным уровнем контаминации и наличием раневой инфекции с соответствующей для неё ростом микроорганизмов [12]. В сравнительном аспекте более активное антимикробное действие отмечено при аппликациях диоксида и его сочетания с ПЭГ400. При этом различия санирующего эффекта при назначении диоксида его комбинации не выявлено.

Спектр условно-патогенных бактерий на коже здоровых животных на разных сроках лактации не имел существенного различия и включал в себя *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, реже *Streptococcus uberis*. Помимо указанных микроорганизмов у животных с поверхностными повреждением кожи молочной железы (гр.2) выделялись *Staphylococcus haemolyticus* и реже *Pseudomonas aeruginosa*, а при глубоком поражении кожи (гр. 3) также *Staphylococcus aureus* и *Streptococcus pyogenes*. Представленные результаты показывают, что на коже кошек всегда имеются бактерии, но при повреждении кожи к обычным условно-патогенным бактериям добавляются возбудители раневых инфекций [13,14].

Таблица 3

**Результаты бактериологических исследований молока на 30 день лактации от кошек клинически здоровых (гр. 1, из 3 или 4 пары сосков) и с травмой кожи молочной железы (гр. 2 и гр. 3, из симметричных сосков поврежденных и не поврежденных зон)**

| Показатели                                                                                                                              | №      | Фармакологические препараты   |                               |                        |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                                                         | г<br>р | Без препара-<br>тов (п/г «а») | Бепантен<br>плюс<br>(п/г «б») | Диоксидин<br>(п/г «в») | Диоксидин.<br>ПЭГ 400<br>(п/г «г») |
| Соски, кожа вокруг которых не повреждена: гр. 1 – 3 или 4 пара, гр. 2 и 3 соски, симметрично расположенные поврежденным молочным холмам |        |                               |                               |                        |                                    |
| Количество микро-<br>организмов, КОЕ/<br>мл,                                                                                            | 1      | 1,5±0,003                     | 0,5±0,003                     | 0                      | 0                                  |
|                                                                                                                                         | 2      | 1,9±0,005                     | 0,1±0,0003                    | 0                      | 0                                  |
|                                                                                                                                         | 3      | 8,8±1,10                      | 4,1±0,12                      | 3,8±0,19               | 1,9±0,09                           |
| Соски, прилегающая к которым кожа повреждена (гр 1 – 3 или 4 пара сосков)                                                               |        |                               |                               |                        |                                    |
| Количество микро-<br>организмов, КОЕ/<br>мл,                                                                                            | 1      | 0                             | 0                             | 0                      | 0,3±0,005                          |
|                                                                                                                                         | 2      | 2,1±0,031                     | 2,1±0,056                     | 2,0±0,059              | 1,0±0,041                          |
|                                                                                                                                         | 3      | 248,4±10,1                    | 235,0±11,3                    | 228,7±10,9             | 119,5±7,79                         |

\*-  $P < 0,05$  - степень достоверности по отношению к подгруппе «а» (без препаратов).

В таблице 3 представлены результаты исследования проб молока, которые показывают, что оно стерильно или содержит небольшое количество бактерий. У кошек со сравнительно легким повреждением

кожи молочной железы в молоке из сосков, не травмированных молочных холмов, степень её контаминации достоверно не изменяется. Однако у более тяжелых больных (дерматопатия) количество бак-

терий в молоке из «здоровых» сосков повышается в 4,6-5,8 раз, что подтверждает наличие трансдермального переноса микрофлоры в сосудистое русло молочной железы с последующим гематогенным или лимфогенным путем её контаминации [15,16].

В молоке из сосков кошек со сравнительно легкими тканевыми дефектами мы не выявили достоверного увеличения числа бактерий. Однако при более тяжелом повреждении кожи прилегающей к соскам отбора проб молока степень контаминации возросла в более чем в 118 раз, что указывает на непосредственный трансдермальное проникновение бактерий с поверхности кожи в паренхиматозную ткань молочной железы. У этих животных сравнительно больше ран, не покрытых грануляциями, чему способствует не только тяжесть тканевого дефекта и наличие в нем раневой инфекции, но постоянное нарушение процесса заживления во время лизания кожи. При этом известно, что через ранё не защищенную грануляционной тканью активно «всасывают» бактерии и продукты их жизнедеятельности [17].

Применение мази «Бепантен плюс» и 1% раствора диоксида животного с тканевыми дефектами не существенно не отразилось на содержании микробов в молоке. Однако аппликации комбинации диоксида и ПЭГ-400, достоверно снизил уровень контаминации в сравнении с сопоставимыми средствами соответственно на 45-49%.

Как было отмечено выше, в молоке здоровых животных отсутствуют бактерии или редко выделяются *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis* и некоторые другие, преимущественно из семейств энтеробактерий и стрептококков. Аналогичная структура микрофлоры молока отмечена у животных со сравнительно легкими повреждениями кожи молочной железы. У кошек с более тяжелыми травмами кожи помимо отмеченных бактерий выделены *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus aure-*

*us*, *Staphylococcus agalactiae* **реже** *Staphylococcus dysgalactiae*.

Таким образом, при глубоких тканевых дефектах происходит трансдермальное проникновение бактерий с последующей непосредственной микробной контаминацией паренхимы молочной железы и молока или посредством гематогенного и лимфогенного распространения.

Применение мази «Бепантен плюс», несмотря на то, что в её состав входят антисептик (хлоргексидин) и вещества с повышенной проникаемостью в кожу (ланолин, масло миндаля). [18] не оказало существенного влияния на степень контаминации молока. Аналогичное, отмечено и на фоне аппликаций 1% раствора диоксида

(гидроксиметилхиноксалиндиоксида), несмотря на его широкий спектр антимикробного действия [19,20] и выраженный saniрующий эффект кожи. В то время как при комбинации данного вещества и полиэтиленгликолем наблюдается достоверное снижение степени контаминации молока. ПЭГ- 400 является повышает проникаемости кожи обеспечивая глубокое проникновение растворенных в нём веществ [21,22]. Поэтому при аппликациях комбинации диоксида и ПЭГ-400 возникла трансдермальная терапевтическая система обеспечившая проникновение антимикробного компонента до сосудистого русла (кровь, лимфа) и паренхимы молочной железы.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты исследования, проведенные в условиях приюта для бездомных животных, показали, что повреждения кожи молочной железы у кормящих кошек имеют широкое распространение (72,6%) и возникают преимущественно с 22 дня лактации и до её завершения. При обширных и глубоких дефектах кожи происходит микробная контаминация паренхимы молочной железы и возрастает риск развития мастита. Очевидно, что своевременное и эффективное лечение ран является одним из способов профилактики воспаления молочной железы. Сравнительный анализ фармакологиче-

ского действия мази «Бепантен плюс», 1% раствора диоксида и его комбинации с ПЭГ-400 показал, что эти средства оказывают выраженным санитизирующим эффектом на поверхность кожи. Однако, при обширных и глубоких повреждениях обработка кожи средствами не обладающими или со слабо выраженными трансдермальными свойствами не оказывает существенного влияния на степень контаминации глубоких слоев паренхимы молочной железы и количество бактерий в молоке. Усиление проникающей способности диоксида, в частности с помощью ПЭГ-400, на 48% повысило эффективность санации молока, а значит и паренхимы молочной железы. Результаты проведенных исследований показали, что в зависимости от степени повреждений кожи молочной железы имеется соответствующий риск прогрессирования раневой инфекции, контаминации тканей молочной железы и развития мастита. Поэтому объективная оценка тяжести дефектов тканей является основанием для прогноза рисков и тактики лечения. Так при поверхностных повреждениях достаточным бывает периодическая санация кожи, но в случаях обширных и глубоких ран тактика терапии должна быть направлена на создание трансдермальной системы обеспечивающей доставку антимикробных веществ в глубокие слои кожи и паренхиме молочной железы.

#### ABSTRACT

Injuries to the skin of the mammary gland are one of the leading causes of mastitis in lactating cats. Given the progressive nature of the problem of mastitis in cats, the important role of mammary skin injuries in their occurrence and the limited range of drugs for their treatment, we conducted studies aimed at studying bacterial contamination of the mammary gland skin in lactating cats and the effectiveness of its correction with pharmacological agents with different mechanisms of action. In the conditions of a shelter for homeless animals located in the Voronezh region, studies were conducted to study the effectiveness of several pharmacological agents for the treatment of mammary

gland injuries in lactating cats.

A comparative analysis of the pharmacological action of Bepanthen plus ointment, 1% dioxidine solution and its combination with PEG-400 showed that these agents have a pronounced sanitizing effect on the skin surface. However, with extensive and deep damage, skin treatment with agents that do not have or with mild transdermal properties does not significantly affect the degree of contamination of the deep layers of the mammary gland parenchyma and the number of bacteria in milk. Strengthening the penetrating ability of dioxidine, in particular with the help of PEG-400, increased the efficiency of milk sanitation, and hence the mammary gland parenchyma, by 48%. The results of the studies have shown that, depending on the degree of damage to the skin of the breast, there is a corresponding risk of progression of wound infection, contamination of breast tissues and the development of mastitis.

#### CLINICAL ASPECTS OF TREATMENT OF BREAST SKIN WOUNDS IN CATS

**Alekhin Y. N.** - DSc in Veterinary sciences, Chief Researcher of the Experimental Therapy Department, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, (ORCID: [orcid.org/0000-0003-0666-7722](https://orcid.org/0000-0003-0666-7722)), **Popova O. S.** - PhD in Veterinary sciences, docent pharmacology and toxicology, Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine (ORCID: [0000-0002-0650-0837](https://orcid.org/0000-0002-0650-0837))

\*[vnivipat@mail.ru](mailto:vnivipat@mail.ru)

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Заякина Д. И. Клинико-гематологическая характеристика маститов у мясоядных и картина крови при данной патологии / Чекрышева В. В., Войтенко Л. Г., Сочинская Т. Н., Облап О. М. // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». - пос. Персиановский. –

2016. - С. 87-92.
2. Жуков В.М., Белова А.В., Бурнашева Ю.Г. Перспективы коррекции органопатологии непродуктивных животных в ветеринарной практике // Аграрная наука – сельскому хозяйству: матер. 10-й Междунар. науч.-практ. конф. (4-5 февраля 2015 г.). – Барнаул, 2015. – Кн. 3. – С. 242-244.
3. Amorim, F.V., Souza, H.J., Ferreira, A.M., Fonseca, A.B. (2006) Clinical, cytological and histopathological evaluation of mammary masses in cats from Rio de Janeiro, Brazil. *J. Feline Med. Surg.* Vol. 8 (6) С.379-388
4. Горинский В. И., Салаутин В. В., Салаутина С. Е., Пудовкин Н.А. (2017). Достоверность ультразвукового метода диагностики рака молочной железы у кошек. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, (4 (150)), С.122-127
5. Affolter VK, Moore PF. Histologic features of normal canine and feline skin. *Clin Dermatol.* 1994 Oct-Dec;12(4):491-7. doi: 10.1016/0738-081x(94)90215-1. PMID: 7866942
6. Bohling MW, Henderson RA. Differences in cutaneous wound healing between dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2006 Jul;36(4):687-92. doi: 10.1016/j.cvsm.2006.02.001. PMID: 16787783.
7. Данилевская Н.В., Арисов М.В., Белых И.П., & Индюхова Е.Н. (2017). Спрей антисептический - эффективное средство для лечения повреждений кожи и слизистых оболочек у собак и кошек. *Ветеринарный врач*, (4), С. 40-44.
8. Алиева Е.В., Кафтырева Л.А., Макарова М.А., Тартаковский И.С. Практические рекомендации по преаналитическому этапу микробиологических исследований. Часть I. Бактериологические исследования. *Лабораторная служба*. 2020;9(2) С.45-66.
9. Поздеев О.К. Медицинская микробиология / Под ред. В.И. Покровского. – 3-е изд., стереотип. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 768 с., Справочник по бактериологическим методам исследований в ветеринарии: справочное издание / Министерство ... А. Э. Высоцкий, З. Н. Барановская. – Минск: Белтаможсервис, 2008. – 823 с.
10. Ярец Ю.И., Шевченко Н.И., Еремин В.Ф. Методология микробиологического посева раневого отделяемого в рамках современных представлений о диагностике инфекционного процесса. *Лабораторная служба*. 2021;10(3) С.33-42
11. Kallstrom G. Are Quantitative Bacterial Wound Cultures Useful? *Journal of Clinical Microbiology*. 2014;8(52):2753-2756.
12. Фадеев, С. Б. (2013). Динамика видового состава микрофлоры очагов хирургической инфекции мягких тканей в течение заболевания. *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*, (3), 4.
13. Фролова, А. В., Косинец, А. Н., & Окулич, В. К. (2014). Раневая инфекция. Состояние проблемы. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*, 13 (2), С.62-69
14. Асланов Р.М. (2023). Комплексное лечение раневых инфекций у животных. / Р.М. Асланов, А.С. Гасанов, З.М. Зухрабова, Г. Р. Оглы Алвердиев, В.В. Гызы Сардарлы и Р.А. Гызы Сулейманова // *Ветеринарный врач*. - 2023, (1).- С. 70-74
15. Смирнова С.С., Егоров И.А., Голубкова А.А. Гнойно-септические инфекции у родильниц. часть 2. клинко-патогенетическая характеристика нозологических форм, этиология и антибиотикорезистентность (обзор литературы). *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*, (2022), С244-259
16. А. Ф. Махмутов, Г. Н. Спиридонов, Л.Ш. Дуплева, Д. Д. Насертдинов, & М. Т. Хурамшина (2023). Этиологическая структура маститов коров в крупных животноводческих комплексах по производству молока. *Ветеринарный врач*, (2), 4-9. doi: 10.33632/1998-698X\_2023\_2\_4].
17. Луцевич О.Э., Тамразова О.Б., Шикунова А.Ю., Плешков А.С., Исмаилов Г.И.-О., Воротилов Ю.В., Толстых П.И. Современные взгляды на патогенез и лечение гнойных ран. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2011;(5):72-77].
18. Котлуков, В. К., Кузьменко, Л. Г., &

Антипова, Н. В. (2012). Наружные дерматологические средства серии «Бепантен» в практике педиатра. Медицинский совет, (5), 81-85.

19. Попов Д.А., Анучина Н.М., Терентьев А.А., Костюк Г.В., Блатун Л.А., Русанова Е.В., Александрова И.А., Пхакадзе Т.Я., Богомолова Н.С., Терехова Л.П. Диоксидин: антимикробная активность и перспективы клинического применения на современном этапе // Антибиотики и химиотерапия. — 2013. — № 3-4

20. Е.Н. Падейская Антибактериальный препарат диоксидин: особенности биологического действия и значение в терапии различных форм гнойной инфекции. «Инфекции и антимикробная терапия». 2001, 5: 150-155.

21. Блатун Л.А. и др. «Клинико-лабораторная эффективность современных мазей на полиэтиленгликолевой основе при лечении гнойных ран». Антибиотики и химиотерапия, 1999 г., № N7, стр. 25-31

22. Sheeba F.R., Giles D., S.K. Shivakumar Swamy S.K., Menaka T. Study on permeation enhancement of sparfloxacin from certain selected ointment bases // Der. Pharmacia Lettre. -2012. V.4, №4. - P.1115-1118

## REFERENCES

1. Zayakina D. I. Clinical and hematological characteristics of mastopathy in meat-eaters and blood picture in this pathology / Cherkysheva V. V., Voytenko L. G., Sochinskaya T. N., Oblap O. M. // Actual problems and methodological approaches to the diagnosis, treatment and prevention of animal diseases. Materials of the international scientific-practical conference. FSBEI HE "Don State Agrarian University". - settlement Persianovsky. - 2016. - P. 87-92. (In Russ.)

2. Zhukov V.M., Belova A.V., Burnasheva Yu.G. Prospects for correcting the organopathology of unproductive animals in veterinary practice // Agrarian science for agriculture: materials of the 10th Intern. scientific-practical. conf. (February 4-5, 2015). - Barnaul, 2015. - Book. 3. - P. 242-244. (In Russ.)

3. Amorium, F.V., Souza, H.J., Ferreira, A.M., Fonseca, A.B. (2006) Clinical, cytological and histopathological evaluation of mammary masses in cats from Rio de Janeiro, Brazil. J. Feline Med. Surg. Vol. 8(6):379-388

4. Gorinsky V. I., Salautin V. V., Salautina S.E., Pudovkin N.A.(2017). Reliability of ultrasound diagnostics of breast cancer in cats. Bulletin of the Altai State Agrarian University, (4 (150)), P.122-127 (In Russ.)

5. Affolter VK, Moore PF. Histologic features of normal canine and feline skin. Clinic Dermatol. 1994 Oct-Dec;12(4):491-7. doi: 10.1016/0738-081x(94)90215-1. PMID: 7866942

6. Bohling MW, Henderson RA. Differences in cutaneous wound healing between dogs and cats. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2006 Jul;36(4):687-92. doi: 10.1016/j.cvsm.2006.02.001. PMID: 16787783.

7. Danilevskaya N.V., Arisov M.V., Belykh I.P., Indyukhova E.N. (2017). Antiseptic spray is an effective treatment for skin and mucous membrane lesions in dogs and cats. Veterinarian, (4), P.40-44. (In Russ.)

8. Alieva E.V., Kaftyreva L.A., Makarova M.A., Tartakovsky I.S. Practical recommendations for the preanalytical stage of microbiological studies. Part I. Bacteriological studies. Laboratory service. 2020;9(2):45-66. (In Russ.)

9. Pozdeev O.K. Medical Microbiology / Ed. IN AND. Pokrovsky. – 3rd ed., stereotype. - M.: GEOTAR-Media, 2005. - 768 p., Handbook of bacteriological research methods in veterinary medicine: reference book / Ministry ... A. E. Vysotsky, Z. N. Baranovskaya. - Minsk: Beltamozhservice, 2008. - 823 p. (In Russ.)

10. Yarets Yu.I., Shevchenko N.I., Eremin V.F. Methodology of microbiological seeding of wound discharge within the framework of modern ideas about the diagnosis of an infectious process. Laboratory service. 2021;10(3) P.33-42 (In Russ.)

11. Kallstrom G. Are Quantitative Bacterial Wound Cultures Useful? Journal of Clinical Microbiology. 2014;8(52):2753-2756.

12. Fadeev, S. B. (2013). Dynamics of the species composition of the microflora of foci



- of surgical soft tissue infection during the course of the disease. Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (3), 4. (In Russ.)
13. Frolova, A. V., Kosinets, A. N., Okulich, V. K. (2014). wound infection. Problem state. Bulletin of Vitebsk State Medical University, 13 (2), P.62-69 (In Russ.)
14. Aslanov R.M. (2023). Complex treatment of wound infections in animals. / R.M. Aslanov, A.S. Gasanov, Z.M. Zukhrabova, G.R. Ogly Alverdiev, V.V. Gyzy Sardarli and R.A. Gیزی Suleymanova // Veterinary doctor. - 2023, (1). - P. 70-74 (In Russ.)
15. Smirnova S.S., Egorov I.A., Golubkova A.A. (2022). Purulent-septic infections in puerperas. Part 2. Clinical and pathogenetic characteristics of nosological forms, etiology and antibiotic resistance (literature review). Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology, (2), P.244-259 (In Russ.)
16. A. F. Makhmutov, G. N. Spiridonov, L. Sh. Dupleva, D. D. Nasertdinov, & M. T. Khuramshina (2023). The etiological structure of mastitis in cows in large livestock complexes for the production of milk. Veterinarian, (2), 4-9. doi: 10.33632/1998-698X\_2023\_2\_4]. (In Russ.)
17. Lutsevich O.E., Tamrazova O.B., Shikunova A.Yu., Pleshkov A.S., Ismailov G.I.O., Vorotilov Yu.V., Tolstykh P.I. Modern views on the pathogenesis and treatment of purulent wounds. Surgery. Journal them. N.I. Pirogov. 2011;(5):72-77]. (In Russ.)
18. Kotlukov, V. K., Kuzmenko, L. G., & Antipova, N. V. (2012). External dermatological products of the Bepanten series in pediatric practice. Medical Council, (5), P.81-85. (In Russ.)
19. D. A. Popov, N. M. Anuchina, A. A. Terent'ev, G. V. Kostyuk, L. A. Blatun, E. V. Rusanova, I. A. Aleksandrova, and T. Ya. Bogomolova N.S., Terekhova L.P. Dioxidin: antimicrobial activity and prospects for clinical use at the present stage // Antibiotics and Chemotherapy. - 2013. - No. 3-4
20. E.N. Padeyskaya Antibacterial drug dioxidine: features of biological action and significance in the treatment of various forms of purulent infection. "Infections and Antimicrobial Therapy". 2001, 5: P.150-155. (In Russ.)
21. Blatun L.A. and others "Clinical and laboratory efficacy of modern polyethylene glycol-based ointments in the treatment of purulent wounds." Antibiotics and chemotherapy, 1999, No. N7, pp. 25-31
22. Sheeba F.R., Giles D., S.K. Shivakumar Swamy S.K., Menaka T. Study on permeation enhancement of sparfloxacin from certain selected ointment bases // Der. Pharmacia Lettre. -2012. V.4, №4. - P.1115-1118

УДК: 636.5/.6:637.5/57

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.115

## ТОКСИЧНОСТЬ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕСТ-ОБЪЕКТА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

Капитонова Е.А. \* – д. биол. н., профессор, Власенко Е.В. – маг. вет. н., аспирант

УО ВГАВМ, Витебск, Беларусь

\*kapitonovalena1110@mail.ru

**Ключевые слова:** токсичность, *in vitro*, тест-объект, простейшие, *Tetrahymena pyriformis*, кормовые добавки.

**Keywords:** toxicity, *in vitro*, test object, protozoa, *Tetrahymena pyriformis*, feed additives.

Поступила: 06.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Для компенсации недостатка минеральных веществ в корме, животноводы дополнительно используют различные источники макро- и микроэлементов, в том числе медьсодержащие компоненты.

Целью нашей научно-исследовательской работы явилось применение *in vitro* методики по определению токсичности кормовых добавок тест-объектом *Tetrahymena pyriformis*. Биотестирование проводилось в НИИ ПВМиБ УО ВГАВМ руководствуясь ГОСТ 13496.7-97, ГОСТ 31674-2012 и «Методическими рекомендациями по ускоренному определению токсичности и безвредности кормов и кормовых добавок с использованием тест-объекта *Tetrahymena pyriformis*».

Перед началом оценки общей токсичности нами было проведено исследование базового премикса комбикорма для цыплят-бройлеров. Исследование каждой пробы проводили 3 раза. После получения результатов, в комбикорм были внесены различные медьсодержащие добавки из расчета – 2,0 %. Далее нами была повторно проведена трехкратная токсикологическая экспертиза. Для получения объективных эмпирических данных, каждый испытуемый образец медьсодержащих добавок (название и фирма-производитель) нами был зашифрован.

Нами были проведены исследования на простейших пяти кормовых добавок из расчета 2,0 %. На основании проведенных лабораторных испытаний *in vitro* установлено, что гибель простейших, а также изменение формы и характера движения *Tetrahymena pyriformis*, в представленных пяти образцах, находились на уровне – 46,2-30,5 %, что указывает на среднюю степень токсичности медьсодержащих добавок. Медьсодержащие кормовые добавки могут быть использованы для дальнейшей научно-исследовательской работы, в частности в рационах для лабораторных и сельскохозяйственных животных, с учетом их строгого нормирования в рационе.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Обеспечение продовольственной безопасности страны, в частности развития отрасли животноводства, невозможно представить без поддержки и взаимосвязи с отраслью растениеводства, как безопасного и бесперебойного источника кормов [1, 2]. В настоящее время к кормовой базе, предназначенной для сельскохозяйственных животных, предъявляются более высокие требования к качеству производимых компонентов рациона. Введение в рацион различных кормовых добавок способствует обеспечению сбалансированного питания, а, следовательно, повышению перевариваемости и усвоению ингредиентов комбикорма [3,4].

Для компенсации недостатка минеральных веществ в корме животноводы дополнительно используют различные источники макро- и микроэлементов. Это могут быть как минеральные добавки промышленного производства, так и естественные природные источники, либо отходы промышленности содержащие минеральные элементы. Наряду с обеспеченностью минеральных источников различными макро- и/или микроэлементами, необходимо учитывать их стоимость, затраты на приобретение, логистику и транспортировку, а также экономический эффект [5,6].

Однако, возможное их загрязнение разного рода ксенобиотиками делает необходимым тестирование каждой партии кормовых добавок *in vitro* на простейших. Лабораторными методами предусмотрено определение токсичности на таких тест-объектах как инфузории: тетрахимена пириформис, стило- нии и колподы.

Необходимо отметить основные преимущества проведения исследований *in vitro* на *Tetrahymena pyriformis*. Во-первых, изучение простейших производится в жидкой среде, что способствует воздействию на тест-объект не только изнутри (заглатывание и переваривание), но и снаружи (всасывании через

мембраны), в связи с чем ускоряется время воздействия возможных токсических веществ. Во-вторых, в течение одних суток возможна смена 2-4 поколений, что позволяет изучить генетическое воздействие изучаемых компонентов на тест-объект [7,8,9]. В-третьих, интенсивность обмена веществ уже в течение первых 30 минут демонстрирует реакцию, что позволяет одновременно изучать большое количество проб. Таким образом, использование *Tetrahymena pyriformis* дает возможность в течение 24 часов сделать предварительные выводы о безвредности изучаемых кормовых добавок.

В связи с вышеизложенным считаем, что наша научно-исследовательская работа актуальна, имеет научную новизну и практическую значимость.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Целью нашей научно-исследовательской работы явилось применение *in vitro* методики по определению токсичности кормовых добавок тест-объектом *Tetrahymena pyriformis*.

Биотестирование различных медьсодержащих добавок проводили в Научно-исследовательском институте прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ руководствуясь ГОСТ 13496.7-97 «Зерно фуражное, продукты его переработки, комбикорма. Методы определения токсичности», ГОСТ 31674-2012 «Корма, комбикорма и комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности» и «Методическими рекомендациями по ускоренному определению токсичности и безвредности кормов и кормовых добавок с использованием тест-объекта *Tetrahymena pyriformis*».

Перед началом оценки общей токсичности нами было проведено исследование базового премикса комбикорма для цыплят-бройлеров. Исследование каждой пробы проводили 3 раза. После получения результатов, в комбикорм были внесены различные медьсодержащие добавки из расчета – 2,0 %. Далее нами была повторно проведена трехкратная токсикологическая экспертиза.

Для получения объективных эмпирических данных, каждый испытуемый образец медьсодержащих добавок (название и фирма-производитель) нами был зашифрован.

Оценку токсичности медьсодержащих кормовых добавок производили с учетом полученного коэффициента выживаемости *Tetrahymena pyriformis*. Коэффициент выживаемости тест-объекта рассчитывали по формуле:

$$K = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \%$$

где:  $S_1$  – количество инфузорий в капле до внесения в экстракт;

$S_2$  – количество инфузорий в капле после внесения в экстракт с учетом экспозиции.

Препараты микроскопировали при увеличении 7х10 и подсчитывали эффект биопробы с учетом таких показателей как наличие живых и погибших простейших, а также изменение их формы и характера движения. По окончании проведения исследований нами был оформлен акт экспертизы.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В лаборатории научно-исследовательского института прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ нами было изучено *in vitro* 5 медьсодержащих кормовых добавок с использованием тест-объекта *Tetrahymena pyriformis*. Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица 1

#### Определение общей токсичности с использованием тест-объекта *Tetrahymena pyriformis*

| Идентифика-<br>ционный номер<br>образца | Наимено-вание<br>образца   | Количество инфузорий          |    |    |                                    |    |    |
|-----------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----|----|------------------------------------|----|----|
|                                         |                            | до внесения, S <sub>1</sub>   |    |    | экспозиция 60 мин., S <sub>2</sub> |    |    |
|                                         |                            | № пробики                     |    |    |                                    |    |    |
|                                         |                            | 1                             | 2  | 3  | 1                                  | 2  | 3  |
| 02.143.01 -2021                         | Премикс №1<br>(ввод 2,0 %) | 24                            | 18 | 27 | 13                                 | 14 | 10 |
|                                         |                            | Среднее S <sub>1</sub> – 23   |    |    | Среднее S <sub>2</sub> – 12,3      |    |    |
| 02.143.02 -2021                         | Премикс №2<br>(ввод 2,0 %) | 21                            | 19 | 23 | 10                                 | 12 | 12 |
|                                         |                            | Среднее S <sub>1</sub> – 21   |    |    | Среднее S <sub>2</sub> – 11,3      |    |    |
| 02.143.03 -2021                         | Премикс №3<br>(ввод 2,0 %) | 20                            | 19 | 23 | 12                                 | 14 | 12 |
|                                         |                            | Среднее S <sub>1</sub> – 20,6 |    |    | Среднее S <sub>2</sub> – 12,6      |    |    |
| 02.143.04 -2021                         | Премикс №4<br>(ввод 2,0 %) | 21                            | 19 | 23 | 12                                 | 14 | 12 |
|                                         |                            | Среднее S <sub>1</sub> – 21   |    |    | Среднее S <sub>2</sub> – 12,6      |    |    |
| 02.143.05 -2021                         | Премикс №5<br>(ввод 2,0 %) | 21                            | 19 | 23 | 14                                 | 16 | 14 |
|                                         |                            | Среднее S <sub>1</sub> – 21   |    |    | Среднее S <sub>2</sub> – 14,6      |    |    |

Как видно из представленных в таблице данных, медьсодержащие кормовые добавки, при экспозиции 1 час в увеличенной норме ввода, проявили угнетение по отношению к тест-объектам. Нами были обнаружены не подвижные инфузории, а также имеющие признаки разрушения клетки. Изменение формы и характера движения *Tetrahymena pyriformis* во всех опытных группах – не установлено.

Результаты расчета коэффициента выживаемости тест-объекта *Tetrahymena pyriformis* в пяти пробах при трех-

кратном вычислении представлены на рисунке.

Как видно из графического материала, коэффициент выживаемости тест-объекта, во всех медьсодержащих кормовых добавках, которые вводились из расчета 2,0 %, находился на уровне 53,5-69,5 %.

Гибель простейших, а также изменение формы и характера движения *Tetrahymena pyriformis*, в представленных пяти образцах, находились на уровне – 46,2-30,5 %, что указывает на среднюю степень токсичности медьсодержащих добавок.

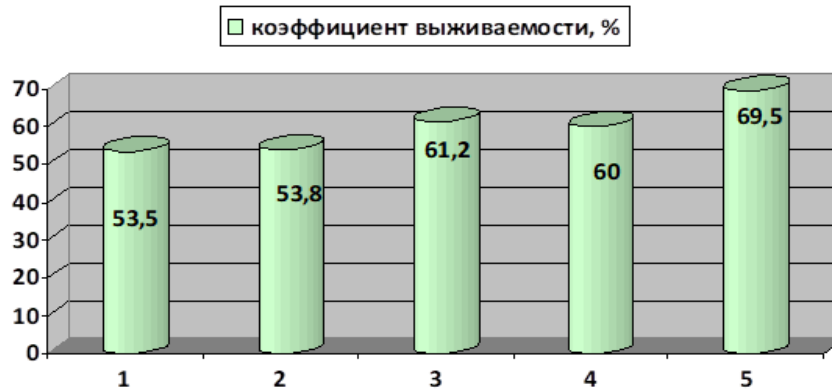


Рис. 1 Коэффициент выживаемости *Tetrahymena pyriformis*, %

#### ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION

Металлы меди являются ядовитыми не только для бактерий, но и для ферментов. В связи с чем, ионы меди при повышенных нормах ввода, могут денатурировать ферменты целевой клетки, привязываясь к реактивным группам и вызывая их осаждение или деактивацию. Таким образом, избыточное введение в рацион медьсодержащих компонентов корма обладает олигодинамическим эффектом и может приводить к гиперкупорозам сельскохозяйственных животных.

Известно, что избыток меди может приводить к таким негативным последствиям как медный токсикоз, некроз клеток печени, гемолиз эритроцитов, отравлении организма, а при хроническом течении болезни к смерти от печеночной комы.

Осознавая, что неконтролируемое введение меди в рационах сельскохозяйственных животных, в том числе и птиц, может даже в малых дозах приводить к негативным последствиям, рекомендуем учитывать ее содержание в различных компонентах кормосмеси, а также строго дозировать ее введение в премиксах.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании проведенных лабораторных испытаний *in vitro* установлено, что представленные образцы медьсо-

держащих кормовых добавок, обладают слабой степенью токсичности для тест-объекта инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Испытанные медьсодержащие кормовые добавки могут быть использованы для дальнейшей научно-исследовательской работы, в частности в рационах для лабораторных и сельскохозяйственных животных, с учетом строгого нормирования их в рационе.

#### PRACTICE OF USING PROTOST

**Kapitonova E.A.** \* – Doctor of Biological Sciences, Professor (Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus). **Vlasenko E.V.** – Master of Veterinary Sciences, PhD student, Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus)

\*kapitonovalena1110@mail.ru

#### ABSTRACT

To compensate for the lack of minerals in the feed, livestock breeders additionally use various sources of macro- and microelements, including copper-containing components. The aim of our research work was the use of an *in vitro* method for determining the toxicity of feed additives using the test object *Tetrahymena pyriformis*. Biotesting was carried out at the Research Institute PVMiB UO VGAVM guided by GOST 13496.7-97, GOST 31674-2012 and "Methodological recommendations for the accelerated deter-



mination of the toxicity and safety of feed and feed additives using the test object *Tetrahymena pyriformis*". Before starting the assessment of general toxicity, we conducted a study of the basic feed premix for broiler chickens. Each sample was studied 3 times. After receiving the results, various copper-containing additives were added to the compound feed at the rate of 2.0%. Then we repeated a threefold toxicological examination.

To obtain objective empirical data, each test sample of copper-containing additives (name and manufacturer) was encrypted by us. We have conducted studies on the simplest five feed additives at the rate of 2.0%. Based on in vitro laboratory tests, it was found that the death of protozoa, as well as a change in the shape and nature of the movement of *Tetrahymena pyriformis*, in the five samples presented, were at the level of 46.2-30.5%, which indicates an average degree of toxicity of copper-containing additives. Copper-containing feed additives can be used for further research work, in particular, in diets for laboratory and farm animals, taking into account their strict rationing in the diet.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гласкович, М. А. Анализ повышения эффективности использования кормовой базы на птицефабриках Республики Беларусь / М. А. Гласкович, Е. А. Капитонова // Ученые записки УО ВГАВМ : научно-практический журнал. - Витебск : УО ВГАВМ, 2011. - Т. 47, вып. 1. - С. 333-335.
2. Опыт корректировки рационов цыплят-бройлеров в условиях птицефабрик республики Беларусь / М.А. Гласкович, Л.Ю. Карпенко, А.Б. Балыкина [и др.]. - Научно-производственный журнал «Международный вестник ветеринарии». - ФГБОУ ВПО СПбГАВМ, 2018. - № 1 - С. 33-40.
3. Голушко, В.М. Сравнительный анализ применения биологически активных препаратов и их влияние на качество животноводческой продукции / Голушко В.М., Капитонова Е.А. // Ученые записки учреждения образования «Витебская орден «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2008. - Т. 44. - № 2-1. - С. 174-177.
4. Кочиш, И.И. Эффективность цеолитсодержащих добавок в бройлерном птицеводстве / И.И. Кочиш, Е.А. Капитонова, В.Н. Никулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2020. - № 3 (83). - С. 329-334.
5. Капитонова, Е.А. Продуктивность цыплят-бройлеров при введении в рацион адсорбента микотоксинов / Капитонова Е.А., Медведский В.А. // Ученые записки учреждения образования «Витебская орден «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2010. - Т. 46. - № 1-2. - С. 136-139.
6. Микрофлора кишечника цыплят-бройлеров и ее коррекция биологически активными препаратами / Красочко П.А., Голушко В.М., Капитонова Е.А., Гласкович А.А. // Труды Всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии им. Я.Р. Коваленко, 2009. - Т. 75. - С. 393-398.
7. Беренев, Ю. Е. Биотестирование водных вытяжек отходов как метод определения класса опасности / Ю. Е. Беренев, И. А. Махнин // Материалы 77-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, посвященной 80-летию прорыва блокады Ленинграда, Санкт-Петербург, 03-10 апреля 2023 года. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. - С. 21-23. - EDN EDDGCB.
8. Карпенко, Л. Ю. Влияние высоких концентраций тяжелых металлов на целостность эпителия кишечника карпа / Л. Ю. Карпенко, П. А. Полистовская, А. И. Козицына // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. - 2022. - № 1. - С. 58-61. - DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.1.58. - EDN NIWKJB.
9. Изменение Структуры жаберного аппарата *Surginus sagrio* под воздействием свинца и меди / Л. Ю. Карпенко, П. А. Полистовская, А. И. Козицына, К. П. Иванова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. - 2022. - № 2. - С. 93-96. - DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.2.93. - EDN JZOIQR.

## REFERENCES

1. Glaskovich, M. A. Kapitonova, E. A. Analysis of increasing the efficiency of fodder use at poultry farms of the Republic of Belarus // *Uchenye zapiski UO VGAVM: scientific and practical journal*. - Vitebsk: UO VGAVM, 2011. - T. 47, issue. 1. - P. 333-335. (In Russ.)
2. Experience in adjusting the diets of broiler chickens in the conditions of poultry farms in the Republic of Belarus / M.A. Glaskovich, L.Yu. Karpenko, A.B. Balykina [i dr.]. - Scientific and production journal "International Bulletin of Veterinary Medicine". - FGBOU VPO SPbGAVM, 2018. - No. 1 - P. 33-40. (In Russ.)
3. Golushko, V.M. Comparative analysis of the use of biologically active drugs and their impact on the quality of livestock products / Golushko V.M., Kapitonova E.A. // *Scientific notes of the educational institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine*, 2008. - T. 44. - No. 2-1. - P. 174-177. (In Russ.)
4. Kochish, I.I. The effectiveness of zeolite-containing additives in broiler poultry farming / I.I. Kochish, E.A. Kapitonova, V.N. Nikulin // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2020. - No. 3 (83). - P. 329-334. (In Russ.)
5. Kapitonova E.A. Productivity of broiler chickens with the introduction of mycotoxin adsorbent into the diet / Kapitonova E.A., Medvedsky V.A. // *Scientific notes of the educational institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine*, 2010. - T. 46. - No. 1-2. - P. 136-139. (In Russ.)
6. Intestinal microflora of broiler chickens and its correction with biologically active preparations / Krasochko P.A., Golushko V.M., Kapitonova E.A., Glaskovich A.A. // *Proceedings of the All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine*. Ya.R. Kovalenko, 2009. - T. 75. - P. 393-398. (In Russ.)
7. Berenev, Yu. E. Biotesting of waste water extracts as a method for determining the hazard class / Yu. E. Berenev, I. A. Makhnin // *Proceedings of the 77th international scientific conference of young scientists and students of St. Leningrad, St. Petersburg, April 03–10, 2023*. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2023. - P. 21-23. - EDN EDDGCB. (In Russ.)
8. Karpenko, L. Yu. Influence of high concentrations of heavy metals on the integrity of the carp intestinal epithelium / L. Yu. Karpenko, P. A. Polistovskaya, A. I. Kozitsyna // *Legal regulation in veterinary medicine*. - 2022. - No. 1. - P. 58-61. - DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.1.58. - EDN NIWKJB. (In Russ.)
9. Karpenko L. Yu., Polistovskaya P. A., Kozitsyna A. I., Ivanova K. P. Changes in the structure of the gill apparatus of *Cyprinus carpio* under the influence of lead and copper // *Legal regulation in veterinary medicine*. - 2022. - No. 2. - P. 93-96. - DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.2.93. - EDN JZOIQR. (In Russ.)

УДК: 615.211:612.127:636.1  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.121

## ВЛИЯНИЕ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ АНЕСТЕТИКОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОВОГО СОСТАВА КРОВИ ЛОШАДЕЙ

**Нечаев А.Ю.** \* – д.вет.н., доцент кафедры общей, частной и оперативной хирургии, **Сорока В.А.** – ассистент кафедры общей, частной и оперативной хирургии.  
(ФГБОУ ВО СПбГУВМ, Россия)

\*netschajew@yandex.ru

**Ключевые слова:** лошадь, галогенсодержащие анестетики, кровь, газовый состав.

**Key words:** horse, halogen-containing anesthetics, blood, gas composition.

Поступила: 27.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Целью работы являлось определение показателей газового состава и кислотно-основного состояния (КОС) крови для оценки адекватности общей анестезии лошадей галогенсодержащими анестетиками при клинико-инструментальных исследованиях. Объектом исследования были 18 лошадей в возрасте от четырех до шести лет, которым выполнялась кастрация. В работе сравнивалась динамика показателей газового состава крови на различных этапах ингаляционной анестезии фторотаном, изофлураном и севофлураном с целью профилактики и своевременного выявления гипоксемии и гиперкапнии у лошадей. На основании комплексной оценки данных клинического обследования, лабораторных исследований газового состава артериальной крови объективно определить степень тяжести гипоксемии и гиперкапнии, что позволяло своевременно оказать животному необходимую помощь. Исследованием показателей газового состава крови установлено, что величина напряжения углекислого газа в артериальной крови ( $\text{PaCO}_2$ ) при обоих видах анестезии подвержена наибольшим изменениям в период индукции и в период пробуждения. В период индукции она увеличивалась как при ингаляции фторотана, так и при применении изофлурана и севофлурана, соответственно на 41%, на 3,1% и на 3,4% по сравнению с исходными значениями. В период пробуждения величина  $\text{PaCO}_2$  возвращалась к исходному уровню при анестезии изофлураном, при анестезии севофлураном и фторотаном оставалась выше исходных значений на 21,8% и на 42,8% соответственно. Своевременное выявление признаков гипоксемии и гиперкапнии позволили избежать развития дальнейших осложнений при общей анестезии у лошадей.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Физиологические особенности организма лошади определяют высокий риск проведения общей анестезии. Смертность у лошадей во время выполнения плановых операций под общей анестезией значительно выше, чем у мелких домашних животных и составляет 1 случай из 100. Для сравнения аналогичная смертность у собак – 1 из 1000. При этом смертность при проведении операций по экстренным показаниям, когда лошадь поступает на операционный стол в тяжелом состоянии, например, при коликах, ещё выше – 1 случай из 10. Основной причиной этого является высокий риск развития артериальной гипотензии, гипоксемии и гиперкапнии у лошадей, особенно при длительных операциях [1, 2, 3].

Для профилактики и коррекции нарушений функции дыхания и кровообращения необходимо анестезиологическое оборудование и соответствующая квалификация персонала. Актуальность своевременного выявления и устранения нарушений газового состава крови лошадей очевидна и требует мониторинга показателей функционирования жизненно важных систем во время проведения общей анестезии. В конечном итоге уделение должного внимания контролю соответствующих показателей, позволяющее своевременно предупредить угрожающие жизни осложнения будет способствовать снижению степени операционного риска и смертности при выполнении хирургических вмешательств [4, 5].

В современной ветеринарной практике получил распространение эндотрахеальный метод ингаляционной анестезии. Он признан наиболее эффективным и безопасным для анестезиологической защиты и показан при работе с пациентами с высокой степенью операционного риска [6, 7].

Адекватность и безопасность выбранного способа общей анестезии во многом определяется его влиянием на функцию дыхательной системы и пока-

затели газового состава крови. Цель проведенного исследования заключалась в определении показателей газового состава и кислотно-основного состояния (КОС) крови для объективной оценки состояния оперируемых лошадей при решении вопроса об адекватности анестезии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Объектом исследования были 18 клинически здоровых лошадей в возрасте от четырёх до шести лет массой от 200 до 350 кг. Животные были разделены на три группы, по 6 лошадей в каждой. В первой группе лошадей применялся галогенсодержащий анестетик - фторотан, во второй – изофлуран и в третьей – севофлуран. Исследования выполнялись при однотипных кастрациях, которые выполнялись в полевых условиях. Применение в работе отечественного портативного наркозного аппарата Минивап-200/S обеспечивало стабильность концентрации ингаляционного анестетика [8]. Показатели газового состава крови ( $\text{PaO}_2$ ,  $\text{PaCO}_2$ ) и pH крови регистрировались портативным газоанализатором I-STAT (фирмы Abbott, Канада) на всех этапах общей анестезии (введение, поддержание, пробуждение). Уровень насыщения крови кислородом ( $\text{SaO}_2$ ) определялся оксиметрическим методом. Для регистрации этого показателя применялся широко распространенный пульсоксиметр Rad-5v (фирмы MASIMO SET, США). Также проводился постоянный ЭКГ-контроль.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Исследование динамики насыщения крови кислородом ( $\text{SaO}_2$ ) во всех трех группах установило, что наиболее значительные достоверные изменения этого показателя в сторону уменьшения отмечались в период введения в анестезию. При этом в первой группе максимальное снижение на 8,9% отмечалось на 15-й минуте поддержания анестезии фторотаном и оставалось на достоверно низком уровне вплоть до периода пробуждения. На 45-й минуте пробуждения после пре-

крашения подачи фторотана и увеличения подачи кислорода величина  $\text{SaO}_2$  стала повышаться и практически вернулась к исходному значению, что свидетельствует о необходимости дополнительной оксигенации лошади при анестезии фторотаном. Во второй и третьей группах достоверное снижение величины  $\text{SaO}_2$  отмечалось только в период введения соответственно на 4,9% и на 4,8%, а на дальнейших этапах общей анестезии наблюдался рост этого показателя с достижением ис-

ходного уровня насыщения крови кислородом к концу периода пробуждения.

Наряду с показателем  $\text{SaO}_2$  степень оксигенации оценивалась определением напряжения кислорода в артериальной крови ( $\text{PaO}_2$ ) во время применения галогенсодержащих анестетиков путем исследования проб крови на портативном газоанализаторе I-STAT. Динамика изменения этого показателя у лошадей на различных этапах общей анестезии представлена в таблице 1.

**Таблица 1**  
**Показатели газового состава и pH крови у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков ( $M \pm m$ )**

| Показатели газового состава и pH крови | Галогенсодержащий анестетик | Исходные данные | Этапы общей анестезии |                 |                  |                  |
|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                        |                             |                 | Введение              | Поддержание     |                  | Пробуждение      |
|                                        |                             |                 | 5 мин.                | 15 мин.         | 30 мин.          | 45 мин.          |
| $\text{SaO}_2$ , %                     | Фторотан                    | 94,6 $\pm$ 1,3  | 86,0 $\pm$ 2,1*       | 85,7 $\pm$ 1,4* | 90,4 $\pm$ 1,0*  | 93,8 $\pm$ 0,6   |
|                                        | Изофлуран                   | 96,1 $\pm$ 0,8  | 91,4 $\pm$ 1,4*       | 92,3 $\pm$ 1,1  | 94,1 $\pm$ 1,2   | 94,6 $\pm$ 1,0   |
|                                        | Севофлуран                  | 95,1 $\pm$ 0,9  | 90,6 $\pm$ 1,1*       | 92,8 $\pm$ 1,0  | 92,8 $\pm$ 0,9   | 93,4 $\pm$ 0,7   |
| $\text{PaO}_2$ , мм рт.ст.             | Фторотан                    | 95,2 $\pm$ 2,4  | 74,1 $\pm$ 2,7*       | 78,8 $\pm$ 2,1* | 84,7 $\pm$ 1,8*  | 92,8 $\pm$ 2,2*  |
|                                        | Изофлуран                   | 94,8 $\pm$ 2,2  | 86,9 $\pm$ 2,1*       | 90,4 $\pm$ 1,8* | 92,7 $\pm$ 1,2   | 95,4 $\pm$ 2,8   |
|                                        | Севофлуран                  | 95,1 $\pm$ 2,1  | 87,6 $\pm$ 1,8*       | 90,6 $\pm$ 1,1  | 91,2 $\pm$ 1,8   | 96,0 $\pm$ 1,4   |
| $\text{PaCO}_2$ , мм рт.ст.            | Фторотан                    | 45,8 $\pm$ 0,9  | 64,6 $\pm$ 0,7*       | 62,6 $\pm$ 0,6* | 66,4 $\pm$ 1,1*  | 65,4 $\pm$ 0,2*  |
|                                        | Изофлуран                   | 44,8 $\pm$ 1,1  | 46,2 $\pm$ 1,1        | 46,6 $\pm$ 1,4  | 46,0 $\pm$ 2,6   | 45,7 $\pm$ 1,8   |
|                                        | Севофлуран                  | 44,5 $\pm$ 1,9* | 46,0 $\pm$ 1,5        | 52,1 $\pm$ 2,7* | 56,7 $\pm$ 2,3*  | 54,2 $\pm$ 2,5   |
| pH                                     | Фторотан                    | 7,43 $\pm$ 0,01 | 7,29 $\pm$ 0,04*      | 7,31 $\pm$ 0,03 | 7,29 $\pm$ 0,05* | 7,33 $\pm$ 0,03* |
|                                        | Изофлуран                   | 7,36 $\pm$ 0,02 | 7,41 $\pm$ 0,02       | 7,43 $\pm$ 0,03 | 7,44 $\pm$ 0,03  | 7,42 $\pm$ 0,04  |
|                                        | Севофлуран                  | 7,37 $\pm$ 0,02 | 7,39 $\pm$ 0,02       | 7,36 $\pm$ 0,01 | 7,34 $\pm$ 0,01* | 7,36 $\pm$ 0,01  |

\* - разность средних величин по сравнению с предыдущими показателями статистически достоверна,  $P < 0,05$

Оценивая динамику показателя напряжения кислорода в артериальной крови ( $\text{PaO}_2$ ), можно говорить о более выраженном снижении его уровня на всех этапах анестезии фторотаном в первой группе исследуемых животных.

Таким образом, анализ результатов исследования насыщения артериальной крови кислородом показал, что наибольшему снижению насыщения крови кислородом ( $\text{SaO}_2$ ) соответствовал наиболее низкий уровень  $\text{PaO}_2$ . Такая зависимость была особенно выражена при ингаляционной анестезии

фторотаном. Наиболее достоверное снижение уровня оксигенации крови отмечалось в период введения и в первые 15 минут поддержания наркоза и темпы восстановления показателей к исходному уровню при использовании изофлурана и севофлурана были быстрее, чем при фторотановой анестезии, при которой в ряде случаев имела место умеренная гипоксемия. Своевременное выявление признаков умеренной гипоксемии позволило избежать дальнейшего её развития.

Показатель напряжения углекислого газа в артериальной крови ( $\text{PaCO}_2$ ) опре-



делялся для комплексной оценки состояния газообмена и эффективности легочной вентиляции. Регистрация показателя  $\text{PaCO}_2$  в ходе применения галогенсодержащих анестетиков у лошадей позволяла выявить на раннем этапе развитие гиперкапнии и произвести коррекцию выявленных нарушений функции дыхательной системы. Динамика изменений величины  $\text{PaCO}_2$  во всех группах исследуемых животных отражена в таблице 1.

В первой группе животных показатель  $\text{PaCO}_2$  на всём протяжении наркоза значительно отличался от исходных данных. У лошадей при анестезии фторотаном в сравнении с животными второй и третьих групп уже на 5-й минуте вводной анестезии отмечалось достоверное увеличение напряжения углекислого газа в артериальной крови до  $64,6 \pm 0,7$  мм рт.ст., что на 41% выше исходного уровня. Это привело к развитию выраженной гиперкапнии у большинства животных первой группы. Во второй группе данный показатель на всём протяжении анестезии изофлураном был относительно стабилен и достоверных отличий показателя от исходного уровня выявлено не было. В третьей группе лошадей увеличение  $\text{PaCO}_2$  было незначительным в период введения, а начиная с периода поддержания анестезии было достоверным по сравнению с исходными показателями, что свидетельствовало о развитии умеренной гиперкапнии на 30-й минуте анестезии севофлураном. В период пробуждения по прекращении подачи анестетика показатель  $\text{PaCO}_2$  постепенно снижался и составил  $54,2 \pm 2,5$  мм рт.ст., что достоверно ниже, чем при анестезии фторотаном у первой группы лошадей.

Изменения показателей газового состава крови под влиянием примененных галогенсодержащих анестетиков отражаются на КОС крови, поэтому был исследован показатель кислотно-основного состояния – pH крови, отражающий способность организма поддерживать постоянно внутреннюю среду.

Умеренная и выраженная гиперкапния, которая имела место у лошадей при

использовании фторотана и севофлурана сопровождалась повышением величины  $\text{PaCO}_2$ . Как следствие избытка  $\text{CO}_2$  было не только повышение  $\text{PaCO}_2$ , но и снижение  $[\text{HCO}_3^-]$ , в силу того, что часть ионов бикарбоната  $[\text{HCO}_3^-]$  уходит на нейтрализацию ионов водорода  $[\text{H}^+]$ , образовавшихся в результате диссоциации угольной кислоты. Всё это приводит к снижению концентрации метаболического компонента и увеличению дыхательного компонента. В результате отношение в уравнении Гендерсона-Гессельбаха уменьшается и показатель pH смещается в кислую сторону. Достоверное уменьшение pH крови до  $7,29 \pm 0,04$ , то есть смещение в кислую сторону наблюдалось у лошадей первой группы при анестезии фторотаном на этапе индукции и поддержания наркоза, что отражено в таблице 1.

У лошадей второй группы на этих этапах анестезии не было значимых сдвигов pH, а при анестезии севофлураном имела лишь тенденция к сдвигу pH крови в кислую сторону с достоверным уменьшением до  $7,34 \pm 0,01$  на 30-й минуте поддержания наркоза за счет увеличения дыхательного компонента. В остальные периоды наркоза существенных сдвигов pH крови при применении галогенсодержащих анестетиков не наблюдалось. В период пробуждения величина pH крови в третьей группе возвращалась к исходному уровню быстрее, чем при анестезии фторотаном.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты исследований влияния галогенсодержащих анестетиков на эффективность газообмена показали, что изменения газового состава крови более выражены при ингаляционной анестезии фторотаном. Причем наибольшие изменения отмечались в период введения и выведения из наркоза и касались величин  $\text{PaO}_2$  и  $\text{PaCO}_2$ . Уровень насыщения крови кислородом менялся только в период введения в анестезию. Величина оксигенации крови на остальных этапах обезболивания, несмотря на имевшие место случаи изменения  $\text{SaO}_2$  во второй и третьей группах оставалась стабильной. Это объ-

яснялось тем, что оксигенированной артериальной крови соответствует плато кривой диссоциации гемоглобина. Достоверное изменение величины рН крови в кислую сторону у исследуемых лошадей определялось изменением дыхательного компонента и отмечалось только в период введения и поддержания при анестезии фторотаном. Проведенный сравнительный анализ газового состава и показателей КОС крови при использовании различных галогенсодержащих анестетиков позволил определить возможные механизмы нарушений легочного газообмена и пути профилактики таких нарушений при проведении общей анестезии у лошадей.

#### THE EFFECT OF HALOGEN-CONTAINING ANESTHETICS ON THE INDICATORS OF THE GAS COMPOSITION OF THE BLOOD OF HORSES

**Nechaev A.J.** \* – Doctor of Veterinary Sciences, associate Professor, **Soroka V.A.** – Assistant

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine  
\*netschajew@yandex.ru

#### ABSTRACT

The aim of the work was to determine the parameters of the gas composition and acid-base state (CBS) of blood to assess the adequacy of general anesthesia of horses with halogen-containing anesthetics in clinical and instrumental studies. The object of the study was 18 horses aged four to six years, which were castrated. The paper compared the dynamics of blood gas composition indicators at various stages of inhalation anesthesia with fluorotane, isoflurane and sevoflurane in order to prevent and timely detect hypoxemia and hypercapnia in horses. Based on a comprehensive assessment of the clinical examination data, laboratory studies of the gas composition of arterial blood, objectively determine the severity of hypoxemia and hypercapnia, which made it possible to provide the necessary assistance to the animal in a timely manner. The study of blood gas composition indicators has established that the amount of carbon dioxide

tension in arterial blood ( $\text{PaCO}_2$ ) with both types of anesthesia is subject to the greatest changes during induction and during awakening. During the induction period, it increased both with the inhalation of fluorotane and with the use of isoflurane and sevoflurane, respectively, by 41%, 3.1% and 3.4% compared to the initial values. During the period of awakening, the value of  $\text{PaCO}_2$  returned to the initial level with anesthesia with isoflurane, with anesthesia with sevoflurane and fluorotane remained above the initial values by 21.8% and 42.8%, respectively. Early detection of signs of hypoxemia and hypercapnia made it possible to avoid the development of further complications during general anesthesia in horses

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Общая анестезия и эвтаназия в ветеринарии: учебное пособие / Р.Бетшарт-Вольфенсбергер, А.А.Стекольников, К.В. Племяшов, А.Ю.Нечаев. – СПб.: Проспект науки, 2017. – 376 с.
2. Стекольников, А.А. Применение препаратов для наркоза при хирургических операциях у лошадей / А.А. Стекольников, А.В. Лебедев, М.А. Нарусбаева // Ветеринария. – 1999. – № 1. – С. 37-39.
3. Полатайко, О.Р. Ветеринарная анестезия : практическое пособие / О.Р. Полатайко. – Киев : Перископ, 2009. – 408 с.
4. Павлов, О. Б. Эффективность вариантов анестезиологического обеспечения у животных в эксперименте / О. Б. Павлов, С. С. Грачев // Медицинский журнал. – 2014. – № 1 (47). – С. 96-99.
5. Физиологическое обоснование ингаляционной анестезии животных К. А. Сидорова, О. А. Драгич, Т. А. Юрина [и др.] // Научная жизнь. – 2018. – № 12. – С. 189-196.
6. Местное и общее обезболивание животных: учебное пособие / А. А. Стекольников, В. А. Лукьяновский, И. Б. Самошкин, С. В. Тимофеев. – Санкт-Петербург: Лань, 2004. – 208 с.
7. Особенности проведения общей анестезии жеребят / В.А. Сорока, А.И. Карклин, О. В. Балашова, А.Л. Смелкова // Международный вестник ветеринарии. – 2021. –

№ 1. – С.359-366.

8. Берлин, А.З. Аппарат и способ ингаляционной анестезии / А.З. Берлин, А.Ю.Нечаев, Л.Л. Николаев, Ян Папулак // Патент на изобретение 2729943 С1, 13.08.2020. Заявка № 201119254 от 20.06.2019.

#### REFERENCES

1. General anesthesia and euthanasia in veterinary medicine: textbook / R.Betshart-Wolfensberger, A.A.Stekolnikov, K.V. Plemmyashov, A.Yu.Nechaev. – St. Petersburg: Prospect nauki, 2017. – 376 p.
2. Stekolnikov, A.A. The use of drugs for anesthesia during surgical operations in horses / A.A. Stekolnikov, A.V. Lebedev, M.A. Narusbaeva // Veterinary medicine. – 1999. – No. 1. – P. 37-39.
3. Polatayko, O.R. Veterinary anesthesia : a practical guide / O.R. Polatayko. – Kiev : Periscope, 2009. – 408 p.
4. Pavlov, O. B. The effectiveness of options

for anesthetic support in animals in an experiment / O. B. Pavlov, S. S. Grachev // Medical Journal. – 2014. – № 1 (47). – P. 96-99.

5. Physiological substantiation of inhalation anesthesia of animals K. A. Sidorova, O. A. Dragich, T. A. Yurina [et al.] // Scientific life. – 2018. – No. 12. – P. 189-196.

6. Local and general anesthesia of animals: textbook / A. A. Stekolnikov, V. A. Lukyanovsky, I. B. Samoshkin, S. V. Timofeev. – St. Petersburg: Lan, 2004. – 208 p.

7. Features of general anesthesia of foals / V.A. Soroka, A.I. Karklin, O. V. Balashova, A.L. Smelkova // International bulletin of Veterinary Medicine. - 2021. – No. 1. – P.359-366.

8. Berlin, A.Z. Apparatus and method of inhalation anesthesia / A.Z. Berlin, A.Yu. Nechaev, L.L. Nikolaev, Jan Papulak // Patent for invention 2729943 S1, 08/13/2020. Application No. 201119254 dated 20.06.2019.

УДК: 619: 615.272

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.127

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНОГО ВЕТЕРИНАРНОГО ПРЕПАРАТА С ГЕПАТОПРОТЕКТОРНЫМ ДЕЙСТВИЕМ И ИХ КОНТРОЛЬ

Хлебус Н. К. – магистр. вет. наук (ORCID 0000-0001-5637-3103)  
(УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской революции и Трудового  
Красного Знамени сельскохозяйственная академия»)  
\*natali\_chleb@tut.by

**Ключевые слова:** ветеринарный препарат, карнитин, токоферол, натрия цитрат, комплексонат цинка, ВЭЖХ, спектрофотометрия, гравиметрия

**Key words:** veterinary drug, carnitine, tocopherol, sodium citrate, zinc complexonate, HPLC, spectrophotometry, gravimetry

Поступила: 22.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Гепатопатии (токсические гепатиты и гепатозы) широко распространены среди свиноматок, содержащихся в условиях промышленных комплексов. Для проведения лечебно-профилактических мероприятий при данных болезнях востребован комплексный препарат, обладающий гепатопротекторным действием. При его промышленном производстве необходим контроль качества с оценкой наличия и количества действующих компонентов. Методы: для контроля качества препарата «Карнитит» были использованы органолептические (внешний вид и цвет), хроматографические (высокоэффективная жидкостная хроматография – ВЭЖХ) (подлинность и массовая концентрация витамина Е и карнитина), качественные химические (подлинность цинка и натрия цитрата), титриметрические (массовая концентрация цинка), спектрофотометрические (массовая доля натрия цитрата) методики. Для оценки влажности препарата был использован гравиметрический (весовой) метод. Оценка соответствия получаемых значений нормативным требованиям проводилась после введения в состав препарата точно известных количеств того или иного действующего вещества (для трёх серий на разных сроках хранения). В результате установлено, что значения количественных показателей во всех случаях находились в пределах нормативных значений, качественные показатели (внешний вид, цвет, подлинность) также отвечали требованиям нормы, установленными разработчиком препарата. Этим требованиям соответствовали как рассчитанные средние значения показателей различных серий, так и отдельные (точечные) значения для каждой серии. Определение физико-химических свойств трёх серий препарата показало их соответствие установленным нормативным требованиям на разных сроках хранения. Разработанные методы контроля пригодны для проведения оценки соответствия выпускаемых партий (серий) препарата требованиям технических условий на производство.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Исследования, проведенные отечественными и зарубежными учёными, показали, что на свиней, содержащихся в условиях промышленных комплексов, воздействует комплекс гепатотоксических факторов [1, 2]. На фоне данных воздействий у свиней различных половозрастных и хозяйственных групп развиваются токсические гепатиты и гепатозы. С лечебно-профилактической целью в свиноводстве используются различные лекарственные препараты и кормовые добавки, обладающие гепатопротекторным, желчегонным, антитоксическим и рядом других патогенетических эффектов [3-5].

Поэтому актуальной представляется разработка комплексного препарата, оказывающего воздействие на различные стороны патогенеза токсических гепатопатий. В условиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (УО БГСХА) был разработан препарат с подобным механизмом действия, получивший название «Карнивит», безвредность которого была подтверждена исследованиями на лабораторных животных [6, 7]. Однако промышленное производство препаратов требует, кроме наличия информации об их токсических свойствах, и методов, подтверждающих заявленные качественные и количественные характеристики того или иного лечебного средства. В этой связи целью работы стала разработка точных, чувствительных и воспроизводимых методов контроля качественных и количественных показателей ветеринарного препарата «Карнивит».

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Ветеринарный препарат «Карнивит» содержит в своём составе комплекс веществ, оказывающих влияние на различные составляющие патогенеза токсических гепатопатий, и состоит из двух компонентов. В состав компонента 1 (жидкая консистенция) включены витамин Е и вспомогательные вещества, в состав компонента 2 (порошок) - карнитина гидрохлорид, цинка глицинат, натрия цитрат и вспомогательные вещества. Перед ис-

пользованием компоненты соединяются между собой с образованием эмульсии. Качественные показатели данных компонентов (определение их наличия в препарате) и их количественное содержание подвергаются контролю как в процессе производства, так и перед выходом на рынок.

Разработка методов контроля велась в условиях отдела научно-исследовательских экспертиз НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины» и лаборатории прикладной эндокринологии, биотехнологии и ветеринарной медицины УО БГСХА). Для контроля качества препарата были использованы органолептические (внешний вид и цвет компонентов 1 и 2), хроматографические (высокоэффективная жидкостная хроматография – ВЭЖХ) (подлинность и массовая концентрация витамина Е и карнитина), качественные химические (подлинность цинка и натрия цитрата), титриметрические (массовая концентрация цинка), спектрофотометрические (массовая доля натрия цитрата) методики. Для оценки влажности препарата был использован гравиметрический (весовой) метод. При проведении исследований придерживались требований статей Государственной Фармакопеи Республики Беларусь II, томов 1 [8] и 2 [9] (соответственно ГФ РБ II, т. 1 и ГФ РБ II, т. 2), а также разработанных собственных модификаций хроматографических методик [10, 11]. Определение внешнего вида и цвета компонентов 1 и 2 определялось визуально: в пробирках, в проходящем свете на темном фоне для компонента 1 и на чистом листе белой бумаги, после его распределения тонким слоем и при естественном освещении на расстоянии 25 – 30 см от глаз для компонента 2 (ГФ РБ II, т. 1, с. 1139 – 1193). Хроматографирование проводилось для оценки подлинности и количественного состава велось при следующих режимах (таблица 1).



**Таблица 1**

**Режимы хроматографирования при разработке методик контроля качества ветеринарного препарата «Карнивит»**

| Показатель                         | Компонент |          |
|------------------------------------|-----------|----------|
|                                    | Витамин Е | Карнитин |
| Скорость мобильной фазы, мл/мин    | 1,0       | 1,0      |
| Длина волны при детектировании, нм | 293       | 215      |
| Температура колонки, °С            | 30        | 50       |
| Объём инъекции, мкл                | 20        |          |

Данные условия были подобраны экспериментально при последовательном введении в хроматограф рабочих стандартных растворов витамина Е и карнитина гидрохлорида, растворов компонентов 1 и 2 препарата «Карнивит» и использовании соответствующих режимов измерений. Полученные значения удовлетворяют требованиям ГФ РБ II, статьи 2.2.29 и 2.2.46.

Массовая концентрация цинка в препарате определялась титрованием подготовленного раствора препарата 0,05М раствором натрия эдтеата в присутствии индикатора эрихрома черного Т до синеголубого окрашивания раствора. Условия проведения испытания соответствовали требованиям ГФ РБ II, т. 1, ст. 2.5.11.

Определение массовой доли натрия цитрата в компоненте 2 препарата «Карнивит» основывалось на измерении оптической плотности рабочего стандартного раствора натрия цитрата и раствора компонента 2 при длине волны 209 нм. Условия проведения испытания соответствовали требованиям ГФ РБ II, том.1, ст.2.2.25.

Определение массовой доли влаги проводили, выдерживая компонент 2 в сушильном шкафу при температуре 60 – 62 °С, до достижения им постоянной массы, что отвечало требованиям ГФ РБ II, т. 1, ст. 2.2.32.

Подлинность ионов натрия подтверждалась окрашиванием пламени в желтый цвет после внесения в него смоченного соляной кислотой компонента 2, а под-

линность цитрата - сохранением прозрачности раствора препарата после внесения в него раствора кальция хлорида и выпадения осадка, растворимого в соляной кислоте, после кипячения. При определении подлинности цинка получали осадок белого цвета, нерастворимый в соляной кислоте (ГФ РБ II, т. 2, ст 2.3.1).

Проверка воспроизводимости, правильности и точности методов контроля качества препарата «Карнивит» строилась на многократной оценке его качественных и количественных характеристик и оценке соответствия получаемых значений после введения в состав препарата точно известных количеств того или иного действующего вещества, а также такие испытания проводились для трёх серий на разных сроках хранения.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При проведении исследований были использованы химические реактивы необходимой квалификации и качества. Измерения проводились на поверенных средствах измерения (хроматограф Ultimate 3000, спектрофотометр Solar PB 2201, весы лабораторные электронные PS 360/C/2), а пробоподготовка – на аттестованном испытательном оборудовании. Вспомогательное оборудование (электроплитка, ультразвуковая ванна и т.д.) обладали необходимыми характеристиками для обеспечения надлежащего качества испытаний.

Полученные результаты приведены в таблицах 2 и 3.

**Таблица 2**

**Качественные и количественные характеристики компонента 1 препарата «Карнивит»**

| Наименование показателя                    | Нормируемое значение показателя                                                        | Фактическое значение показателей           |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Внешний вид, цвет                       | непрозрачная жидкость от бесцветного до светло-жёлтого цвета. Допускается опалесценция | непрозрачная жидкость светло-жёлтого цвета |
| 2. Подлинность витамина Е                  | должен выдерживать испытание                                                           | выдерживает                                |
| 3. Массовая концентрация витамина Е, мг/мл | 16,0-24,0                                                                              | 20,4±1,69* (18-22,9)                       |

**Таблица 3**

**Качественные и количественные характеристики компонента 2 препарата «Карнивит»**

| Наименование показателя                               | Нормируемое значение показателя                                | Фактические значения показателей                                          |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1. Внешний вид, цвет                                  | порошок от светло-розового с вкраплениями до коричневого цвета | порошок светло-розового (при изменении угла падения света – белого) цвета |
| 2. Подлинность карнитина гидрохлорида                 | должен выдерживать испытание                                   | выдерживает                                                               |
| 3. Подлинность цинка                                  | должен выдерживать испытание                                   | выдерживает                                                               |
| 4. Подлинность натрия цитрата                         | должен выдерживать испытание                                   | выдерживает                                                               |
| 5. Массовая концентрация карнитина гидрохлорида, мг/г | 8,0-12,0                                                       | 9,7±0,89 (8,3-11,3)                                                       |
| 6. Массовая концентрация цинка, мг/г                  | 4,0 – 8,0                                                      | 7,6±0,19 (7,3-7,8)                                                        |
| 7. Массовая доля натрия цитрата, %                    | 70,0 – 90,0                                                    | 83,8±0,87 (82,4-85,1)                                                     |
| 8. Массовая доля влаги, %, не более                   | 10,0                                                           | 8,5±0,18 (8,3-8,9)                                                        |

\* - в таблицах 2 и 3 указаны среднее значение ±стандартное отклонение ( $\sigma$ ), в скобках - пределы колебаний для испытанных образцов (минимальное-максимальное значения)

Как следует из данных таблицы, все изученные показатели соответствовали установленным нормативным требованиям.

Как и в компоненте 1, все изученные качественные и количественные характеристики действующих веществ соответствовали установленным критериям для всех исследованных образцов препарата «Карнивит».

Таким образом, разработанные и апробированные методики изучения внешнего

вида и цвета компонентов 1 и 2 препарата «Карнивит», влажности компонента 2, подлинности отдельных действующих веществ и их массового содержания в компонентах 1 и 2, полностью пригодны для контроля качества препарата.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

Проведенные исследования позволили сделать ряд выводов:

1) установленные значения количественных показателей во всех случаях

находясь в пределах нормативных значений, качественные показатели (внешний вид, цвет, подлинность) также отвечают требованиям нормы.

2) определение физико-химических свойств трёх серий препарата показало их соответствие установленным нормативным требованиям на разных сроках хранения.

3) разработанные методы контроля (органолептические (внешний вид, цвет компонентов 1 и 2), хроматографические (подлинность и массовая концентрация витамина Е, подлинность и массовая концентрация карнитина гидрохлорида), титриметрические (массовая концентрация цинка), химические (подлинность цинка и натрия цитрата), спектрофотометрические (массовая доля натрия цитрата) пригодны для проведения оценки соответствия выпускаемых партий (серий) препарата требованиям технических условий на производство.

#### QUALITY INDICATORS OF INTEGRATED VETERINARY DRUG WITH HEPATOPROTECTOR ACTION AND THEIR CONTROL

Khlebus N. K., Master of veterinary science (The Belarusian State Agricultural Academy).

\*natali\_chleb@tut.by

#### ABSTRACT

Hepatopathy (toxic hepatitis and hepatosis) are widespread among sows kept in industrial complexes. To carry out therapeutic and preventive measures for these diseases, a complex drug with a hepatoprotective effect is in demand. In its industrial production, quality control is necessary with an assessment of the presence and quantity of active components. To control of the quality of the Karnivit drug, organoleptic (appearance and color), chromatographic (high performance liquid chromatography - HPLC) (authenticity and mass concentration of vitamin E and carnitine), qualitative chemical (authenticity of zinc and sodium citrate) were used), titrimetric (mass concentration of zinc), spectrophotometric (mass fraction of sodium citrate) methods. The gravimetric (weight) method was used to assess the moisture con-

tent of the preparation. The assessment of the compliance of the obtained values with the regulatory requirements was carried out after the introduction of exactly known amounts of one or another active substance into the preparation (for three series at different shelf life).

It was found that the values of quantitative indicators in all cases were within the normative values, qualitative indicators (appearance, color, authenticity) also met the requirements of the norm established by the developer of the drug. These requirements were met by both the calculated average values of the indicators of various series and individual (point) values for each series. Determination of the physicochemical properties of the three series of the drug showed their compliance with the established regulatory requirements at different periods of storage. The developed methods of control are suitable for assessing the compliance of manufactured batches (series) of the drug with the requirements of technical specifications for production.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Papatsiros VG, Stylianaki I, Tsekouras N, Papakonstantinou G, Gómez-6. Nicolau NS, Letsios M, Papaioannou N. Exposure Biomarkers and Histopathological Analysis in Pig Liver After Exposure to Mycotoxins Under Field Conditions: Special Report on Fumonisin B1. Foodborne Pathog Dis. 2021 May;18(5):315-321. doi: 10.1089/fpd.2020.2867. Epub 2021 Feb 24. PMID: 33625894.
2. Петровский, С. В. Гепатоз свиноматок / С. В. Петровский, Н. К. Хлебус // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка : материалы Международной научно-практической конференции (г. Витебск, 30 октября - 2 ноября 2019 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии. – Витебск: ВГАВМ, 2019. – С. 126-128.
3. Мерзленко, Р. А. Профилактика гепатозов свиней с применением катозала,

- ковертала и янтарной кислоты / Р. А. Мерзленко, И. В. Бабанин // Учен. зап. Казан. гос. акад. ветеринар. медицины им. Н. Э. Баумана. – 2013. – Т. 214. – С. 282–286.
4. Кузнецов, Н. И. Профилактика гепатоза у поросят / Н. И. Кузнецов, В. М. Шаронин, С. Р. Мелешкина // Ветеринария. – 1999. – № 4. – С. 37–38.
5. Калашников, В. А. Терапевтическая эффективность препаратов «Адсорбин» и «Экофилтрум» при лечении поросят, больных токсической гепатодистрофией / В. А. Калашников, В. В. Великанов, А. С. Игнатенко // Наук.-техн. бюл. / Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т тваринництва. – Харків, 2013. – № 110. – С. 52–59.
6. Хлебус, Н. К. Оценка сенсibiliзирующих, раздражающих, резорбтивных свойств и кумулятивных свойств комплексного препарата «Карнитит» / Н. К. Хлебус // Вестн. КрасГАУ. – 2022. – № 6. – С. 84–89.
7. Хлебус, Н. К. Оценка токсических свойств комплексного гепатопротекторного препарата для свиноводства / Н. К. Хлебус, А. П. Курдеко, С. В. Петровский // Актуальные проблемы и инновации в современной ветеринарной фармакологии и токсикологии : материалы V Междунар. съезда ветеринар. фармакологов и токсикологов, [г. Витебск, 26–30 мая 2015 г.] / Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины [и др.]. – Витебск, 2015. – С. 387–390.
8. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ. РБ II): Разработана на основе Европейской фармакопеи. В 2 т. Т. 1. Общие методы контроля лекарственных средств / М-во здравоохран. РБ, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Шерякова. - Молодечно: Победа, 2012. - 1220 с.
9. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ. РБ II): Разработана на основе Европейской фармакопеи. В 2 т. Т. 1. Общие методы контроля лекарственных средств / М-во здравоохран. РБ, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Шерякова. - Молодечно: Победа, 2012. - 1220 с.
10. Хлебус, Н. К. Поиск и апробация методики для «рутинного» определения карнитина в фармакологических субстанциях / Н. К. Хлебус; науч. рук. А. П. Курдеко // Актуальные вопросы современной медицины и фармации: материалы 72-й науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, 12–13ВЭ мая 2020 г. / Витеб. гос. мед. ун-т. – Витебск, 2020. – С. 823–826.
11. Хлебус, Н. К. Разработка методики определения карнитина гидрохлорида в многокомпонентном ветеринарном препарате / Н. К. Хлебус; науч. рук. А. П. Курдеко // Студенческая медицинская наука XXI века. VI форум молодежных научных обществ : материалы XXI Международ. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых и VI форума молодеж. науч. о-в (Витебск, 27–28 окт. 2021 г.) / Витеб. гос. мед. ун-т. – Витебск, 2021. – С. 867–870. хранения»; под общ. ред. А. А. Шерякова. - Молодечно: Победа, 2012. – 1220 с.

## REFERENCES

1. Papatsiros VG, Stylianaki I, Tsekouras N, Papakonstantinou G, Gómez-6. Nicolau NS, Letsios M, Papaioannou N. Exposure Biomarkers and Histopathological Analysis in Pig Liver After Exposure to Mycotoxins Under Field Conditions: Special Report on Fumonisin B1. Foodborne Pathog Dis. 2021 May;18(5):315-321. doi: 10.1089/fpd.2020.2867. Epub 2021 Feb 24. PMID: 33625894.
2. Piarousky S. V., Khlebus N. K. Hepatosis of sows (Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: материалы Международной научно-практической конференции (г. Витебск, 30 октября - 2 ноября 2019 г.) / Vitebsk

State Academy of Veterinary Medicine, All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy. Vitebsk: VGAVM, 2019. P. 126-128. (in Russ.)

3. Merzlenko R. A., Babanin I. V. Prevention of hepatosis in pigs using catosal, covertal and succinic acid (Учен. зап. Казан. гос. акад. ветеринар. медицины им. Н. Э. Баумана). 2013. - Vol. 214.- P. 282-286. (in Russ.)

4. Kuznetsov N. I., Sharonin V. M., Meleshkina S. R. Prevention of hepatosis in piglets (Ветеринария). 1999. - No. 4. - P. 37-38. (in Russ.)

5. Kalashnikov V. A., Velikanov V. V., Ignatenko A. S. Therapeutic efficacy of drugs "Adsorbin" and "Eco-filtrum" in the treatment of piglets with toxic hepatodystrophy (Наук.-техн. бюл. Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т тваринництва).—Kharkiv, 2013. — No. 110. — P. 52–59. (in Russ.)

6. Khlebus N. K. Evaluation of sensitizing, irritating, resorptive properties and cumulative properties of the complex preparation "Carnivit" (Вестн. КрасГАУ).2022. - No. 6.- P. 84–89.doi: 10.36718/1819-4036-2022-6-84-89. (in Russ.)

7. Khlebus N. K., Kurdeko A. P., Piatrousky S. V. Evaluation of the toxic properties of a complex hepatoprotective drug for pig breeding (Актуальные проблемы и инновации в современной ветеринарной фармакологии и токсикологии): materials of the V International. congress veterinarian. pharmacologists and toxicologists, [Vitebsk, May 26–30, 2015] / Vitebsk. state acad. vet. medicine [and others]. - Vitebsk, 2015. - P. 387–390. (in Russ.)

8. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus (Государственная фармакопея

Республики Беларусь, ГФ. РБ II): Developed on the basis of the European Pharmacopoeia. In 2 vols. T. 1. General methods of drug control / Ministry of Health. Republic of Belarus, Unitary Enterprise "Center for Expertise and Testing in Health Care"; under total ed. A. A. Sheryakova. - Molodechno: Victory, 2012. - 1220 p. (in Russ.)

9. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus. (Государственная фармакопея Республики Беларусь, ГФ. РБ II): Developed on the basis of the European Pharmacopoeia. In 2 volumes. V. 2. Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal plant raw materials / Ministry of Health. Republic of Belarus, Unitary Enterprise Center for Expertise and Testing in Healthcare; under total ed. S-I. Marchenko. - Molodechno: Victory, 2016. - 1368 p. (in Russ.)

10. Khlebus N. K. Search and approbation of a technique for the "routine" determination of carnitine in pharmacological substances (Актуальные вопросы современной медицины и фармации): Proceedings of the 72nd scientific and practical. conf. students and young scientists, May 12–13, 2020 / Vitebsk state medical university. - Vitebsk, 2020. - P. 823–826. (in Russ.)

11. Khlebus, N. K. Development of a method for determining carnitine hydrochloride in a multicomponent veterinary preparation (Студенческая медицинская наука XXI века. VI форум молодежных научных обществ): Proceedings of the XXI Intern. scientific-practical. conf. students and young scientists and the VI Youth Forum. scientific island (Vitebsk, 27–28 Oct. 2021) / Vitebsk state medical university. - Vitebsk, 2021. - P. 867–870. (in Russ.)



УДК: 619:616-099:599.323.4:661.183.4  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.134

## МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОВ КРЫС ПРИ Т-2 ТОКСИКОЗЕ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРОФИЛАКТИЧЕ- СКОГО СРЕДСТВА «ЦЕАПИТОКС»

**Перфилова К.В.** \* – к. вет. н., мл. науч. сотрудник (ORCID 0000-0001-8597-3458), **Мишина Н.Н.** – к. биол. н., вед. науч. сотрудник (ORCID 0000-0002-9312-0970), **Губеева Е.Г.** – к. мед. н., вед. науч. сотрудник, **Семенов Э.И.** – д. вет. н., гл. науч. сотрудник (ORCID 0000-0002-3029-7170), **Сантов В.Р.** – д. биол. н., ст. науч. сотрудник (ORCID 0000-0001-9815-1314), **Хафизова А.М.** – асп., мл. науч. сотрудник.

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной  
и биологической безопасности»

\*kse.perf@gmail.com

Поступила: 17.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023

**Ключевые слова:** крысы, Т-2 токсин, «Цеапитокс», морфологическое исследование, печень, балочное строение, гепатоциты, селезенка, лимфоциты, слизистая кишечника.

**Keywords:** rats, T-2 toxin, «Zeapitox», morphological examination, liver, beam structure, hepatocytes, spleen, lymphocytes, intestinal mucosa.



### РЕФЕРАТ

Выяснить подлинное состояние тканевой организации невозможно без проведения морфологических исследований. В этой связи, гистологический анализ весьма объективно демонстрирует структуру клеточных композиций, что особенно востребовано при постановке достоверного диагноза и при контроле лечебно-профилактической эффективности. Т-2 токсин, как биогенный яд, представляет потенциально угрозу здоровью человека и животных. Немаловажным является и то, что современные высокопродуктивные породы сельскохозяйственных животных и кроссы птиц имеют повышенную чувствительность к микотоксинам. С целью профилактики микотоксикозов подборка рационов, в составе которых имеются сорбенты и адаптогены, перспективна в плане экономической и терапевтической эффективности. Цель эксперимента – при отравлении крыс Т-2 токсином на тканевом уровне ряда органов оценить профилактическую эффективность средства «Цеапитокс» с морфологической точки зрения. В эксперименте было задействовано 30 нелинейных крыс-самцов с массой тела 190-210 г. Первая группа служила биологическим контролем; особям второй задавали Т-2 токсин в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub>; животным третьей группы, помимо Т-2 токсина в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub>, дополнительно скармливали в дозе 0,5 % от рациона с кормом средство «Цеапитокс». При влиянии Т-2 токсина на гистоструктуру тканей органов крыс зарегистрированы следующие изменения: гиперемия, отечность, повышенная кровенаполненность сосудов, а также деструктивные процессы центральных долек гепатоцитов, кишечного эпителия и клеток крови. Защитный эффект комплексного про-

филактического средства «Цеапитокс» проявляется нормальным кровенаполнением в селезенке (красная и белая пульпы), нативным балочным строением долек и хорошей визуализацией без патологических явлений в гепатоцитах, отсутствием отежных процессов в слизистых кишечника.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Проблема получения безопасной продукции в животноводческой и птицеводческой отраслях сельского хозяйства по-прежнему является одной из самых актуальных. В современных реалиях в силу целого комплекса факторов на существенную долю кормовой продукции воздействуют различные поллютанты, которые при попадании в организм становятся катализаторами различного рода патологических процессов. Среди множества поллютантов важную нишу занимают биогенные яды – микотоксины, продуцируемые плесневыми грибами [1, 2, 3]. Микотоксины представляют настолько серьезную опасность, что эта проблематика имеет общемировое значение.

*Fusarium sporotrichioides* и *F. paove*, относящиеся к микроскопическим грибам, при наличии благоприятных условий начинают продуцировать трихотеновые микотоксины, в числе которых особо опасным и патогенным считается Т-2 токсин [4, 5, 6, 7, 8].

Введение в рацион продуктивных животных и птицы средств, обладающих сорбционными и адаптогенными качествами, считается эффективным и оправданным с экономической точки зрения. В данном случае пчелиный подмор как адаптогенный компонент обладает широким спектром стимулирующего действия, включая иммуностимуляцию, тогда как цеолит выводит микотоксины из организма.

Ранее в наших исследованиях *in vitro* был определен компонентный состав средства «Цеапитокс» (цеолит и пчелиный подмор). Апробация средства «Цеапитокс» продемонстрировала его достаточно высокую относительно Т-2 токсина (66 %) сорбционную емкость [9].

Целью нашей работы явилось проведение эксперимента *in vivo*, включавше-

го в том числе эвальвацию гистоструктуры в органах крыс, на фоне отравления Т-2 токсином и оценка эффективности применения средства «Цеапитокс» при такой интоксикации.

Для достижения цели решали следующие задачи:

- провести анализ и описание гистопрепаратов, полученных от исследуемых органов;

- определить эффективность используемого средства на морфологическом уровне при Т-2 микотоксикозе.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Базовая составляющая эксперимента осуществлялась в лаборатории микотоксинов отделения токсикологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ». Часть этапов морфологических исследований проводилась в Государственном автономном учреждении здравоохранения «Республиканское бюро судебно-медицинской экспертизы Министерства здравоохранения Республики Татарстан».

В опыте в общей сложности были задействованы (n = 30) нелинейные половозрелые самцы белых крыс. Все особи были подобраны по принципу аналогов, содержались в идентичных условиях, масса тела животных составила 190-210 г. Группа 1 (n = 10) являлась контрольной. Животным группы 2 (n = 10) скармливали рацион, содержащий Т-2 токсин в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub>. Третьей группе (n = 10) на фоне интоксикации Т-2 токсином в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub> в корм в дозе 0,5 % от рациона примешивали «Цеапитокс».

По окончании опыта, через 30 суток, крыс выводили из эксперимента, применяя эвтаназийную декапитацию по «Международным рекомендациям этического кодекса по проведению медико-биологических исследований с использованием лабораторных животных». Образцы тканей крыс фиксировались в формалине (10 %-й забуференный нейтраль-

ный), после дегидратации заливались в парафин. Гистологические срезы производили на арочном микротоме, окраску проводили в гематоксилине Эрлиха – эозине водном. Цифровые снимки получали с помощью цифровой камеры Leica DFC 320 (ФРГ), установленной на микроскопе Leica DM 1000 (ФРГ).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В ходе морфологического исследования гистоструктуры отобранных тканей крыс, после воздействия Т-2 токсина в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub>, выявлены изменения, наиболее характерным из которых является полнокровие.

В красной пульпе селезенки деформированность контуров эритроцитов, плотно прилегающих друг к другу (рис. 1 (а)). Скопления множества лимфоцитов белой пульпы селезенки, имеющие округлую форму и выраженные границы. В данных скоплениях для центральных частей характерно наличие крупных многоядерных клеток. На периферийных участках скоплений видны фрагменты обломков форменных элементов клеток лимфы. Локализация лимфоцитов около сосудов имеет вид тяжей. На срезах соединительная ткань представлена волокнами, проникающими в паренхиму.

В печени расширение центральных вен вдоль печени и заполненность их массой эритроцитов (рис. 1 (б)). В данных венах стенки неравномерно утолщены и имеют гомогенное окрашивание этих участков. В зоне триад вены характеризуются расширениями, заполненностью эритроцитами, небольшим количеством лимфатических клеток и однородными эозинофилами. Содержимое цитоплазмы слегка увеличенных гепатоцитов имеет признаки глыбчатости, мутности и эозинофильности. Для центральных долек свойственно наличие единичных гепатоцитов с нечеткой структурой и отсутствием ядер. В дольках фиксируется нарушение балочного строения.

Описываемая картина в целом схожа с результатами проведенных нами в прошлые годы [10, 11] электронно-микроскопических исследований, при

которых после интоксикации микотоксинами в гепатоцитах визуализировались деструктивные процессы органелл клеток – ядерный хроматин был перераспределен, кариоплазма просветленная, электронно-светлые участки коагулированного цитозоля, отсутствие рибосом, митохондриальные кристы в небольшом количестве либо полностью не визуализировались.

В тонкой кишке выявляется расширение сосудов всех слоев, заполненность их эритроцитарными и гомогенными массами. Слизистую тонкой кишки выстилает однослойный призматический каемчатый эпителий с единичными энтероцитами (бокаловидными клетками) (рис. 1 (в)). Отмечается наличие длинных ворсинок с отчетливостью соединительнотканной основы. Выявляется гиперохромность клеток слизистой, набухание их наружной части, нечеткость структур и плохая различимость ядер. В ряде препаратов в подслизистом слое видны лимфатические клетки в виде протяженных скоплений. Визуализация фолликулоподобных структур осложнена их сливанием между собой.

В слизистой толстой кишки отмечается однослойный призматический эпителий с набухшими клетками без четкой структуры (рис. 1 (г)). Ориентация крипт на срезах продольная и поперечная. Во всех слоях видно незначительное количество лимфатических клеток.

В тканях обследованных органов крыс после применения средства «Цеапитокс» (0,5 % от рациона) при интоксикации Т-2 токсином (1/10 от ЛД<sub>50</sub>) отмечается улучшение их гистоструктуры.

Строма красной пульпы селезенки включает крупнопетлистую сеть, представленную ретикулярными волокнами и клетками (рис. 2 (а)). Кровенаполненность красной пульпы нормальная. Отмечается наличие Т- и В-лимфоцитов, плазматических клеток, макрофагов и многочисленных клеток крови (эритроцитов, тромбоцитов и гранулоцитов). В белой пульпе представлены лимфатические периартериальные

влагалища и лимфатические узелки. Более темная окраска характерна для периаартериальной области, в большей мере представленной малыми лимфоцитами. Ретикулярные волокна и уплощенные ретикулярные клетки видны в виде концентрических слоев.

В печени не нарушено строение долек, характеризующихся наличием длинных печеночных балок, представленных гепатоцитами и расходящимися радиально на периферию от центральной вены. Локализованность печеночных синусоидов фиксируется между печеночных долек (рис. 2 (б)). В синусоидах крупной центральной вены отмечается наличие кровяных кле-

ток. Синусоиды имеют ровную вытянутость и четкие границы.

В тонкой кишке отмечается полноценный эпителий с незначительной десквамацией верхних участков ворсинок, что вполне допустимо (рис. 2 (в)). Для эпителиоцитов характерна призматическая форма. Бокаловидные клетки в достаточном количестве. Базальная мембрана эпителиального слоя в норме без утолщений. Для стромы ворсинок характерно наличие единичных, тонких коллагеновых волокон, макрофаги и лимфоциты присутствуют незначительно. В тонкой кишке железы с высокими эпителиальными клетками, имеющими овальные ядра.

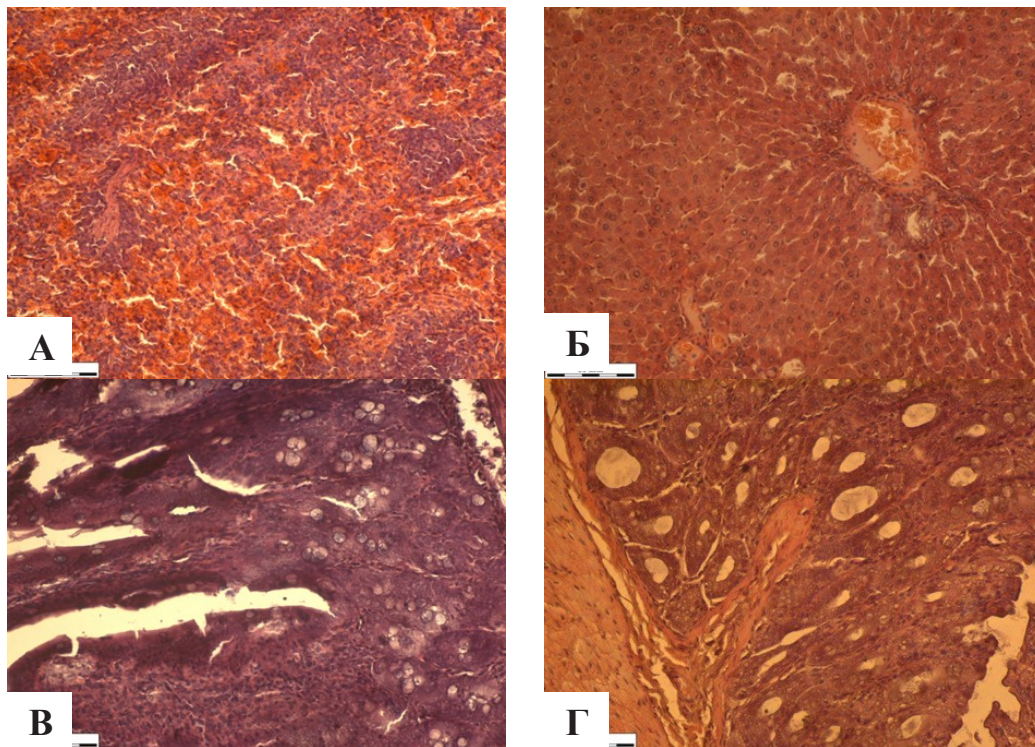


Рис. 1 Фрагменты тканей органов крыс, получавших с кормом Т-2 токсин в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub>. Окраска гематоксилином Эрлиха и эозином водным, объектив Х20.  
А – селезенка; Б – печень; В – тонкая кишка; Г – толстая кишка.



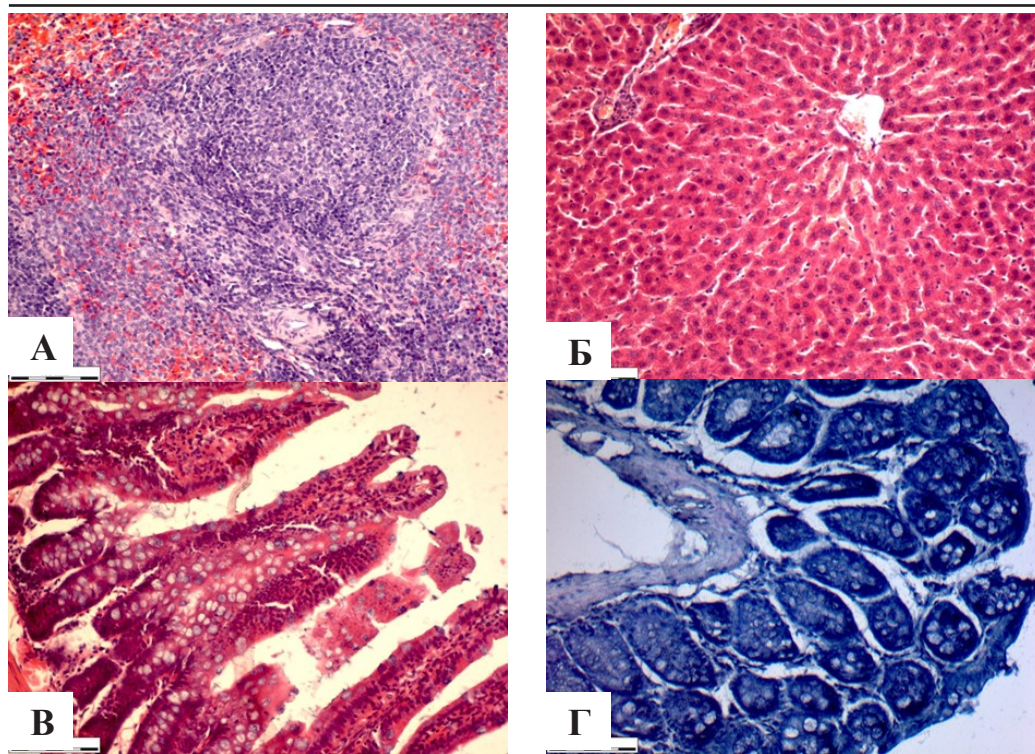


Рис. 2. – Фрагменты тканей органов крыс, получавших с кормом Т-2 токсин в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub>, совместно со средством «Цеапитокс» в дозе 0,5 % от рациона. Окраска гематоксилином Эрлиха и эозином водным, объектив Х20.

А – селезенка; Б – печень; В – тонкая кишка; Г – толстая кишка.

Кишечные крипты в толстой кишке наблюдаются в виде непрерывно чередующихся трубчатых инвагинаций в покровном эпителии. По причине разного прохождения сечения на различных гистосрезах бокаловидные энтероциты видны в виде продольных, косых и поперечных (рис. 2 (г)). Лимфоцитарные элементы обильно инфильтрируют рыхлую волокнистую соединительную ткань, разделяющую крипты. В криптах эпителия отмечаем наличие интраэпителиальных лимфоцитов.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Морфологическое исследование тканей органов крыс при экспериментальной интоксикации Т-2 токсином в дозе 1/10 от ЛД<sub>50</sub> выявляет некоторые патологические сдвиги их гистологиче-

ской структуры.

На фоне гиперемии выявлены процессы частичной деструкции эритроцитов и лимфатических клеток селезенки. В гепатоцитах глыбчатая, «мутная» и эозинофильная цитоплазма с признаками нарушения балочного строения. Для венозных сосудов характерно неравномерное утолщение стенок и кровенаполненность массами эритроцитов и эозинофилов. В тонкой кишке явления гиперемии с расширением сосудов, заполненных эритроцитарными и гомогенными массами, отеком ворсин и плохой визуализацией клеточных ядер. Препараты толстой кишки демонстрируют процессы набухания эпителиальных клеток с признаками деструкции их структур.

Гистологическая картина в тканях



крыс, получавших при интоксикации Т-2 токсином (1/10 от ЛД<sub>50</sub>) средство «Зеапитокс» (0,5% от рациона), характеризуется наличием положительных сдвигов. Зарегистрированы нормальное кровенаполнение, оптимальный состав крови красной и белой пульпы селезенки. Отсутствие нарушений строения долек печени, гепатоциты хорошо просматриваются. В кишечнике отсутствие отека. Соответствие норме гистологической структуры в ворсинках, криптах и бокаловидных клетках.

Таким образом, гистологическая структура обследованных органов крыс, выявленная в ходе проведенного опыта, демонстрирует наличие протективного эффекта комплексного профилактического средства «Зеапитокс», что позволяет рассматривать его в качестве перспективного средства для производства качественной и безопасной продукции птицеводства.

#### **MORPHOLOGICAL EXAMINATION OF RAT ORGANS IN T-2 TOXICOSIS DURING THE USE OF COMPLEX PREVENTIVE AGENT «ZEAPITOX»**

Perfilova K.V. – candidate of veterinary science, junior researcher (ORCID 0000-0001-8597-3458), Mishina N.N. – candidate of biology science, leading researcher (ORCID 0000-0002-9312-0970), Gubeeva E.G. – candidate of medical science, leading researcher, Semenov E.I. – doctor of veterinary sciences, chief researcher (ORCID 0000-0002-3029-7170), Saitov V.R. – doctor of biology sciences, senior researcher (ORCID 0000-0001-9815-1314), A.M. Khafizova – postgraduate student, junior researcher

Federal state budgetary scientific institution «Federal center for toxicological, radiation and biological safety»

\*kse.perf@gmail.com

#### **ABSTRACT**

It is impossible to find out the true state of the tissue organization without conducting morphological studies. In this regard, histological analysis very objectively demonstrates the structure of cellular compositions,

which is especially in demand when making a reliable diagnosis and monitoring therapeutic and preventive effectiveness. T-2 toxin, as a biogenic poison, poses a potentially permanent threat to human and animal health. It is also important that modern highly productive breeds of farm animals and bird crosses have an increased sensitivity to mycotoxins. In order to prevent mycotoxicosis, a selection of diets containing sorbents and adaptogens is promising in terms of economic and therapeutic effectiveness. The purpose of the experiment was to evaluate the preventive effectiveness of «Zeapitox» from a morphological point of view when rats were poisoned with T-2 toxin at the tissue level of a number of organs. The experiment involved 30 nonlinear rats, males weighing in the range of 190-210 grams. The first group served as biological control; individuals of the second group were given T-2 toxin at a dose of 1/10 of LD<sub>50</sub>; animals of the third group, in addition to T-2 toxin at a dose of 1/10 of LD<sub>50</sub>, were additionally fed at a dose of 0,5 % of the diet with the feed «Zeapitox». Under the influence of T-2 toxin on the histostructure of rat organ tissues, the following changes were registered: hyperemia, swelling, increased blood filling of blood vessels, as well as destructive processes of the central lobules of hepatocytes, intestinal epithelium and blood cells. The protective effect of the complex preventive agent «Zeapitox» is manifested by normal blood filling in the spleen (red and white pulp), native beam structure of lobules and good visualization without pathological phenomena of hepatocytes, absence of edematous processes in the mucous membranes of intestinal.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Перфилова, К.В. Ветеринарно-санитарное обоснование применения комплексного адаптогенного средства для профилактики микотоксикозов и повышения качества мяса цыплят-бройлеров: дис. ... канд. ветеринар. наук: 06.02.05 / Перфилова Ксения Витальевна. – Казань, 2022. – 213 с.
2. Семёнов, Э.И. Фармако-

- токсикологические аспекты применения энтеросорбентов при сочетанных микотоксикозах: дис. ... д-ра ветеринар. наук: 06.02.02, 06.02.03 / Семенов Эдуард Ильясович. – Казань, 2019. – 342 с.
3. Семенов, Э.И. Случай массового отравления животных, птиц и рыб в некоторых регионах Российской Федерации и стран СНГ / Э.И. Семёнов, А.М. Трemasова, Л.Е. Матросова [и др.] // Ветеринария. – 2021. – № 8. – С. 39. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-1-54-62
4. Идиятов, И.И. Изучение токсического действия трихотеценового микотоксина продуцента *Fusarium sporotrichioides* в опыте на свиньях / И.И. Идиятов, И.Р. Кадиков, В.Р. Саитов [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17. – № 1(62). – С. 62–79. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-62-79
5. Мишина, Н.Н. Использование энтеролигнина при ассоциированном микотоксикозе / Н.Н. Мишина, О.В. Шлямина, З.А. Канарская [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2021. – № 23. – С. 624–626. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48314899>
6. Сальникова, М.М. Ультразвуковая оценка почек поросят при комбинированном отравлении микотоксинами на фоне совместного применения шунгита и цеолита / М. М. Сальникова, В. Р. Саитов, Ф. З. Баймухаметов [и др.] // В сборнике: Аграрные проблемы горного Алтая и сопредельных регионов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию Горно-Алтайского НИИ сельского хозяйства и 100-летию Министерства сельского хозяйства Республики Алтай. – Барнаул, 2020. – С. 330–339. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44211079>
7. Тарасова, Е.Ю. Апробация схемы лечения Т-2 микотоксикоза / Е. Ю. Тарасова, Л.Е. Матросова, Р.М. Потехина [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2020. – № 22. – С. 494. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44611014>
8. Semenov, E.I. Effect of bee brood and zeolite on broiler chickens exposed by mycotoxin T-2 / E.I. Semenov, N.N. Mishina, V.R. Saitov [et al.] / Natural Volatiles and Essential Oils. – 2021. – Vol. 8. – № 4. – С. 3520–3531. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48382254>
9. Перфилова, К.В. Обоснование компонентного состава комплексного средства «Цеапитокс» в отношении Т-2 токсина в опытах in vitro / К.В. Перфилова, Н.Н. Мишина, Э.И. Семенов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2021. – Т. 247. – № 3. – С. 208–212. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-247-3-208-212
10. Саитов, В.Р. Токсикологический и ультраструктурный анализ изменений в организме и клетках животных при хроническом воздействии ксенобиотиков и применении лечебно-профилактических средств: дис. ... доктор. биолог. наук: 06.02.03, 06.02.01 / Саитов Вадим Расимович. – Казань, 2014. – 350 с.
11. Сальникова, М.М. Ультразвуковая оценка сочетанного и раздельного применения шунгита и цеолита для профилактики отравлений кур, вызванных микотоксинами / М.М. Сальникова, В.Р. Саитов, Э.И. Семенов [и др.] // Материалы VII – й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий» – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2019. – С. 317–321. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38488465>

## REFERENCES

1. Perfilova, K.V. Veterinary and sanitary justification of the use of a complex adaptogenic agent for the prevention of mycotoxicosis and improving the quality of meat of broiler chickens: dis. ... cand. vet. sciences: 06.02.05 / Perfilova Ksenia Vitalievna. – Kazan, 2022. – 213 p. [in Russ.]
2. Semenov, E.I. Pharmacotoxicological aspects of the use of enterosorbents in combined mycotoxicoses: dis. ... doc. vet. sciences: 06.02.02, 06.02.03 / Semenov Eduard

- Ilyasovich. – Kazan, 2019. – 342 p. [in Russ.]
3. Semenov, E.I. Cases of mass poisoning of animals, birds and fish in some regions of the Russian Federation and CIS countries / E. I. Semenov, A. M. Tremasova, L. E. Matrosova [et al.] // *Veterinary medicine*. – 2021. – № 8. – P. 39. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-1-54-62 [in Russ.]
4. Idiyatov, I.I. Study of the toxic effect of trichothecene mycotoxin producer *Fusarium sporotrichioides* in the experiment on pigs / I. I. Idiyatov, I. R. Kadikov, V. R. Saitov [et al.] // *South of Russia: ecology, development*. – 2022. – Vol. 17. – № 1(62). – P. 62–79. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-62-79 [in Russ.]
5. Mishina, N.N. The use of enterolignin in associated mycotoxicosis / N. N. Mishina, O. V. Shlyamina, Z. A. Kanarskaya [et al.] // *Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*. – 2021. – № 23. – P. 624–626. Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48314899> [in Russ.]
6. Salnikova, M.M. Ultrastructural assessment of piglets' kidneys with combined mycotoxin poisoning against the background of the combined use of shungite and zeolite / M.M. Salnikova, V.R. Saitov, F.Z. Baymukhametov [et al.] // *In the collection: Agrarian problems of the Altai Mountains and adjacent regions. Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Gorno-Altai Research Institute of Agriculture and the 100th anniversary of the Ministry of Agriculture of the Altai Republic*. – Barnaul, 2020. – P. 330–339. Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44211079> [in Russ.]
7. Tarasova, E.Y. Approbation of the T-2 mycotoxicosis treatment regimen / E. Y. Tarasova, L.E. Matrosova, R.M. Potekhina [et al.] // *Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*. – 2020. – № 22. – P. 494. Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44611014> [in Russ.]
8. Semenov, E.I. Effect of bee brood and zeolite on broiler chickens exposed by mycotoxin T-2 / E.I. Semenov, N.N. Mishina, V.R. Saitov [et al.] // *Natural volatiles and essential oils*. – 2021. – Vol. 8. – № 4. – P. 3520–3531. Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48382254>
9. Perfilova, K.V. Substantiation of the component composition of the complex agent «Zeapitox» in relation to T-2 toxin in in vitro experiments / K.V. Perfilova, N.N. Mishina, E.I. Semenov // *Scientific notes of the Kazan state academy of veterinary medicine named after N.E. Bauman*. – 2021. – Vol. 247. – № 3. – P. 208–212. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-247-3-208-212 [in Russ.]
10. Saitov, V.R. Toxicological and ultrastructural analysis of changes in the body and animal cells under chronic exposure to xenobiotics and the use of therapeutic and prophylactic agents: dis. ...doctor. biological sciences: 06.02.03, 06.02.01 / Vadim Rasi-movich Saitov. – Kazan, 2014. – 350 p. [in Russ.]
11. Salnikova, M.M. Ultrastructural assessment of combined and separate use of shungite and zeolite for the prevention of poisoning of chickens caused by mycotoxins / M.M. Salnikova, V.R. Saitov, E.I. Semenov [et al.] // *Materials of the VII-th International scientific and practical Conference «Actual problems of agriculture of mountainous territories» – Gorno-Altaysk: RIO GAGU, 2019*. – P. 317–321. Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38488465> [in Russ.]

УДК: 616.36-07:619

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.142

## ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОФЕИНА У ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПЕЧЕНИ

Попова О. С. \* – к. вет. н., доц. каф. фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0002-0650-0837), Пономарев В.С. – асс., к.вет.н. (ORCID 0000-0002-6852-3110), Кострова А.В. – асп., Агафонова Л.А. – студент ФВМ.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

\*alef\_z@mail.ru

**Ключевые слова:** гепатобилиарная система, клиренс-тест, кофеин, крысы, диагностика, фармакокинетика.

**Keywords:** hepatobiliary system, clearance test, caffeine, rats, diagnostics, pharmacokinetics.

**Благодарности:** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00011, <https://rscf.ru/project/23-26-00011>

Поступила: 11.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

На сегодняшний день оценка функционального состояния гепатобилиарной системы посредством анализа изменений клиренса экзогенного кофеина является одним из перспективнейших печёночных нагрузочных проб. Цель исследования - установить фармакокинетическое изменение уровней экзогенного кофеина в плазме крови лабораторных животных с целью дальнейшего индуцирования различных патологий печени и последующей оценки изменения его клиренса. Для исследования были использованы нелинейные лабораторные крысы (18 самцов, 18 самок, средняя живая масса 180 г.  $\pm 4\%$ , возраст - 3 месяца). Из подопытных животных было сформировано 3 группы (по 6 самок и 6 самцов в каждой), каждой из которых подкожно вводился 20% раствор кофеин-натрия бензоат (ООО «Мосагроген», Россия) с шагом в 50 мг/кг (50, 100, 150) в пересчёте на чистый кофеин.

При использовании дозировок в 100 и 150 мг/кг нами отмечалась нелинейная биотрансформация исследуемого вещества, а именно, пиковые значения концентрации спустя 4 часа после введения, что также является стандартным фармакокинетическим показателем для дозировок, проходящих по верхней границе терапевтической широты препарата и связано с тем, что при подобных дозировках ферментная система цитохрома P-450 не отличается реактивностью по сравнению со временем всасывания вещества.

В результате эксперимента, нами были установлены начальные и пиковые уровни кофеина для дальнейшего изучения его изменений при искусственном индуцировании гепатопатий различного генеза в конкретной экспериментальной группе лабораторных животных. Также нами было отмечено отсутствие зависимости от пола перечисленных уровней, причём такие результаты согласуются с полученными данными других исследователей.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

На сегодняшний день оценка функционального состояния гепатобилиарной системы посредством анализа изменений клиренса экзогенного кофеина является одним из перспективнейших печёночных нагрузочных проб, что обусловлено его исключительным (97-98%) метаболизмом с задействованием ферментной системой цитохрома Р-450 с образованием таких продуктов биотрансформации, как теобромин и теофиллин, которые, с точки зрения своих химических свойств, не определяются специфическими количественными и качественными кофеиновыми реакциями, что позволяет с высокой точностью дифференцировать уровни кофеина в биологических жидкостях и оценивать динамику его биотрансформации, которая существенно видоизменяется при наличии функциональных нарушений. Кофеин относительно быстро и в полном объёме достигает система кровотока независимо от способа введения, имеет низкое связывание с плазмой, а также короткий период полувыведения, отличную переносимость (при условии контроля его влияния на сердечно-сосудистую систему), и его биотрансформация практически ограничивается печенью [1,2,3,4,5,6].

Несмотря на большой потенциал кофеина в качестве ординарного вещества для тестирования функции печени [7], его использование до сих пор не нашло широкого клинического применения. Основной проблемой в использовании данного метода является широкая видовая и индивидуальная вариабельность основных фармакокинетических параметров, что не позволяет однозначно подобрать методику измерения уровней кофеина.

Таким образом, наиболее оптимальным способом оценки клиренса является его индивидуальное изучение у животных, здоровых с точки зрения клинико-биохимических параметров, с дальнейшим индуцированием гепатопатологий различного генеза на тех же животных. Подобные дизайны эксперимента объясняются тем, что, несмотря на то, что фармакокинетика кофеина изучалась во мно-

жестве клинических испытаний, каждое из которых имело свою направленность, полученные другими исследователями данные невозможно использовать в связи с изменчивостью данного показателя индивидуально у каждого животного.

Цель исследования - установить фармакокинетическое изменение уровней экзогенного кофеина в плазме крови лабораторных животных с целью дальнейшего индуцирования различных патологий печени и последующей оценки изменения его клиренса.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования проводились в виварии кафедры фармакологии и токсикологии ФГБОУ ВО СПбГУВМ. Исследования были проведены в соответствии принципами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей, правилами надлежащей лабораторной и клинической (GLP и GCP) практики, а также требованиям Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях [8,9]. Дизайн исследования одобрен комиссией по биоэтике ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Для исследования были использованы нелинейные лабораторные крысы (18 самцов, 18 самок, средняя живая масса 180 г.  $\pm 4\%$ , возраст- 3 месяца) [10], закупленные в Федеральном государственном унитарном предприятии «Питомник лабораторных животных «Рапполово».

Перед исследованием все животные были подвергнуты профилактическому карантинированию (акклиматизационный период). В течение карантинирования проводили ежедневный осмотр каждого животного (поведение и общее состояние), дважды в день животных наблюдали в клетках (заболеваемость и смертность) [11].

В комнате содержания животных поддерживались следующие условия окружа-



ющей среды: температура окружающего воздуха 18-24°C; относительная влажность 50-60%; автоматическая смена 12-ти часового светового периода (06.00-18.00 – день, 18.00-06.00 –ночь); 100% вентиляция без рециркуляции со сменной воздушной 7-12 объемов комнаты в час [12].

Крысы содержались в поликарбонатных клетках на подстилке площадью 2150 см<sup>2</sup>. В качестве подстилки использовались опилки деревьев хвойных пород, стерилизованные в сухожаровом шкафу. Для кормления животных использовался комбикорм полнорационный для лабораторных животных ЛБК-120 (Тосненский комбикормовый завод), соответствующий ГОСТ 34566-2019. Профильтрованная водопроводная вода давалась в стандартных автоклавированных питьевых бутылочках [12].

Из подопытных животных было сформировано 3 группы (по 6 самок и 6 самцов в каждой), каждой из которых подкожно вводился 20% раствор кофеин-натрия бензоат (ООО «Мосагроген», Россия) с шагом в 50 мг/кг (50, 100, 150) в пересчете на чистый кофеин. Данные дозировки обосновываются тем, что, по мнению большинства исследователей, именно такой шаг, попадающий в терапевтическую широту действия препарата, даёт наиболее прогнозируемые и определяемые концентрации кофеина в плазме крови.

По истечении 10 минут после введения у каждого животного регистрировались показатели электрокардиограммы с помощью беспроводной системы регистрации и анализа ЭКГ животных «Физиобелт» (ООО «Нейробиотикс», Россия) с целью исключения животных из эксперимента при наличии негативных реакций на вводимый препарат со стороны сердечно-сосудистой системы.

Спустя 30 мин., 1, 2, 4, 8 и 12 часов у подопытных животных отбирали кровь путём венепункции хвостовой вены [13,14] с сохранением ее интактного состояния и получения плазмы, в которой с помощью модернизированной методики

определения кофеина в биологических жидкостях Стреловой О.Ю. и Чувиной Н.А. (2008 г.) [15] регистрировался уровень кофеина. Для реализации вышеуказанной методики использовали спектрофотометр модели УФ-1100 («Shanghai Mapada Instruments Co.,Ltd», Китай). Общее количество отобранного за 6 венепункций биоматериала не превышало 1% от общего объема крови [16]. Временные интервалы выбирались исходя из зарегистрированного периода полувыведения препарата.

Математико-статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistica 6.1. Рассчитывали среднюю арифметическую (М) и ее среднюю ошибку (m). Расчет достоверности разницы (р) по критерию Стьюдента не проводился в связи с поисковым характером исследования и отсутствием групп сравнения.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате эксперимента негативных реакций на введение препарата со стороны сердечно-сосудистой системы отмечено не было, токсическое действие препарата не проявлялось. Уровень кофеина в плазме крови представлены в таблице 1.

При использовании дозировки в 50 мг/кг наблюдалось стандартное линейное снижение уровня кофеина в плазме крови с резким снижением на 4 час после снижения, что, в целом, отражает стандартную для данного вещества фармакокинетику. Тот факт, что по истечении 12 часов кофеин не определялся, свидетельствует о его естественной метаболизации и отсутствии функциональных способностей печени.

При использовании дозировок в 100 и 150 мг/кг нами отмечалась нелинейная биотрансформация исследуемого вещества, а именно, пиковые значения концентрации спустя 4 часа после введения, что также является стандартным фармакокинетическим показателем для дозировок, проходящих по верхней границе терапевтической широты препарата и связано с тем, что при подобных дозировках фер-

ментная система цитохрома Р-450 не отличается реактивностью по сравнению со временем всасывания вещества.

По сравнению с начальными и пиковыми уровнями, количество кофеина в

сыворотке спустя 12 часов после введения можно считать «следовым», что также может свидетельствовать об отсутствии метаболических изменений (рис.1).

**Таблица 1**  
**Уровень кофеина в плазме крови (в мкг) после введения экзогенного кофеина**

| Вводимая дозировка препарата<br>(в пересчете на чистый кофеин) | 50 мг/кг |          | 100 мг/кг |          | 150 мг/кг |          |
|----------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| Т после введения /<br>пол животных                             | ♂        | ♀        | ♂         | ♀        | ♂         | ♀        |
| 30 мин                                                         | 18,1±0,3 | 19,4±1,2 | 53,0±5,2  | 51,2±5,8 | 94,3±9,7  | 92,8±9,4 |
| 1 час                                                          | 16,5±0,2 | 16,9±0,9 | 48,3±3,1  | 49,7±3,3 | 89,1±7,3  | 90,3±7,1 |
| 2 часа                                                         | 13,2±0,3 | 13,3±0,4 | 51,1±2,5  | 50,8±3,4 | 92,5±4,3  | 91,4±4,7 |
| 4 часа                                                         | 8,4±0,1  | 7,8±0,3  | 62,7±2,3  | 63,1±3,1 | 97,4±5,4  | 95,3±5,2 |
| 8 часов                                                        | 4,1±0,2  | 3,5±0,1  | 52,2±2,6  | 51,4±2,2 | 81,2±5,2  | 84,7±5,6 |
| 12 часов                                                       | -        | -        | 4,6±0,1   | 5,0±0,2  | 35,6±3,5  | 39,1±3,3 |

Анализируя полученные данные, нами было отмечено отсутствие корреляции между характером биотрансформации кофеина у самцов и самок. Это согласуется с авторами других источников [2,3], что даст нам основание не использовать для дальнейших расчетов данный показатель. В связи с особенностью фармакокинетики кофеина нами фиксировалась его максимальная концентрация при введении дозировок нижней границы терапевтической широты (50 мг/кг) спустя 30 минут после введения с характерным линейным снижением, в то время как при введении максимально допустимых дозировок (верхняя граница терапевтической широты, 100 и 150 мг/кг) максимальная концентрация наблюдалась спустя 4 часа после введения, что связано с задержкой индукции звеньев ферментной системы цитохрома Р-450 для дальнейшей биотрансформации кофеина, после чего

наблюдалось линейное уменьшение его уровня.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате эксперимента, нами были установлены начальные и пиковые уровни кофеина для дальнейшего изучения его изменений при искусственном индуцировании гепатопатий различного генеза в конкретной экспериментальной группе лабораторных животных. Полученные данные позволят изучить изменения уровня кофеина у данной группы животных, только уже при экспериментальных гепатотоксичных состояниях.

Так как нами отмечена нелинейность выведения кофеина при дозировках 100 мг/кг и 150 мг/кг, необходимо при последующей постановке эксперимента, использовать все 3 дозировки (минимальную, оптимальную и максимальную терапевтическую), а диагности-

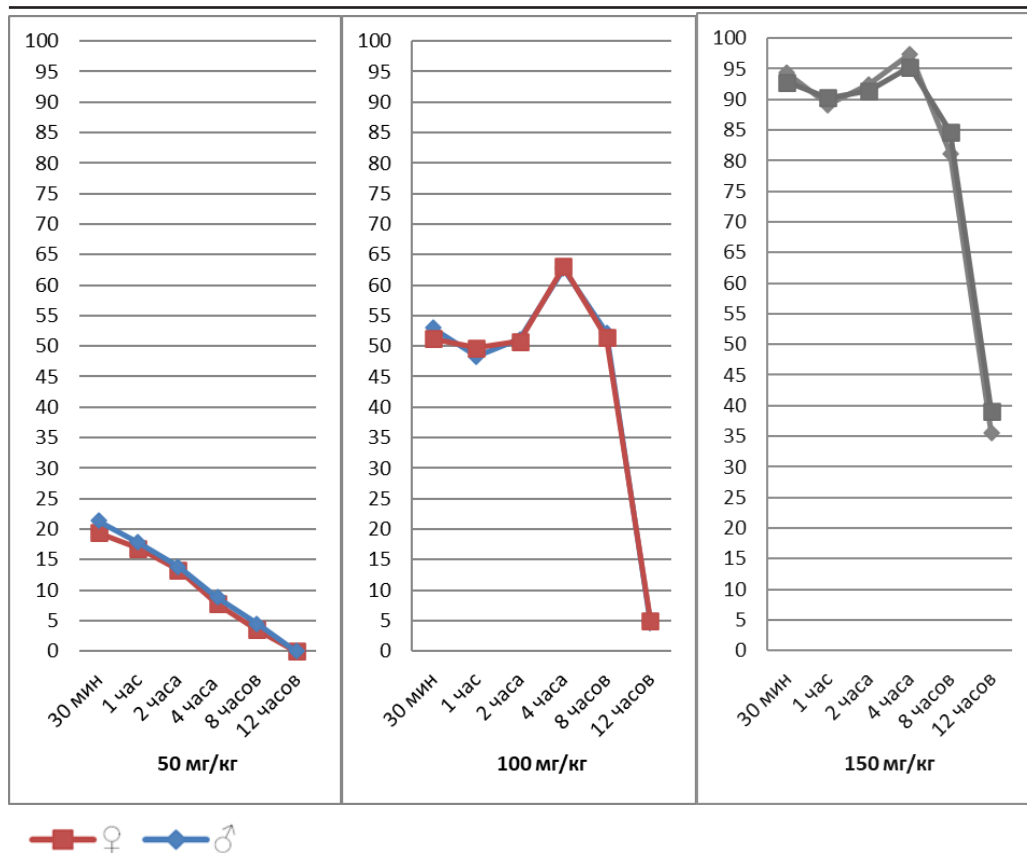


Рисунок 1 – Уровень кофеина в плазме крови (в мкг) у самцов (♂) и самок (♀), после подкожного введения 20% раствора кофеин-натрия бензоата в дозе 50,100 и 150 мг/кг

ческим критерием будет является изменение динамики биотрансформации кофеина.

В продолжении исследований планируется создание так называемых «кофеиновых» кривых (графиков, отражающих динамику элиминации экзогенного кофеина в зависимости от времени и дозировки), которые позволят выявить наиболее релевантную нагрузочную дозировку, позволяющую по вектору графика элиминации делать выводы о функциональном состоянии печени, что в перспективе позволит углубить знание о прогностических функциях изменений клиренса различных фармацевтических субстанций.

#### PHARMACOKINETIC PARAMETERS OF CAFFEINE IN LABORATORY ANIMALS IN THE CONTEXT OF ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE LIVER

**Popova O.S.** \* - Ph.D. of Veterinary Science, Associate Professor Pharmacology and Toxicology (ORCID 0000-0002-0650-0837), **Ponamarev V.S.** Ph.D. (ORCID 0000-0002-6852-3110) – ass., Ph.D. of Veterinary Science, **Kostrova A.V.** - graduate student, **Agafonova L.A.** - student FVM «FSBEI HE St.Petersburg SUVM», \*alef\_z@mail.ru

**Acknowledgments:** The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-26-00011, <https://rscf.ru/project/23-26-00011>.

## ABSTRACT

To date, the assessment of the functional state of the hepatobiliary system by analyzing changes in the clearance of exogenous caffeine is one of the most promising hepatic stress tests. The purpose of the study was to establish the pharmacokinetic change in the levels of exogenous caffeine in the blood plasma of laboratory animals in order to further induce various liver pathologies and subsequently assess the change in its clearance.

For the study, non-linear laboratory rats were used (18 males, 18 females, average live weight  $180 \pm 4\%$ , age 3 months),

Of the experimental animals, 3 groups were formed (6 females and 6 males each), each of which was injected subcutaneously with a 20% solution of caffeine sodium benzoate (Mosagrogen LLC, Russia) in increments of 50 mg/kg (50, 100, 150) in terms of pure caffeine.

When using dosages of 100 and 150 mg/kg, we noted a non-linear biotransformation of the test substance, namely, peak concentrations 4 hours after administration, which is also a standard pharmacokinetic indicator for dosages passing along the upper limit of the therapeutic latitude of the drug and is due to the fact that at such dosages, the cytochrome P-450 enzyme system does not differ in reactivity compared to the absorption time of the substance.

As a result of the experiment, we established the initial and peak levels of caffeine for further study of its changes during the artificial induction of hepatopathy of various origins in a specific experimental group of laboratory animals. We also noted the absence of dependence on the sex of the listed levels, and such results are consistent with the data obtained by other researchers.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Weiser, T. Effect of Caffeine on the Bioavailability and Pharmacokinetics of an Acetylsalicylic Acid-Paracetamol Combination: Results of a Phase I Study / T. Weiser, H. Weigmann // *Advances in Therapy*. – 2019. – Vol. 36, No. 3. – P. 597-607. – DOI 10.1007/s12325-019-0891-5.

2. Willson, C. The clinical toxicology of caffeine: A review and case study / C. Willson // *Toxicology Reports*. – 2018. – Vol. 5. – P. 1140-1152. – DOI 10.1016/j.toxrep.2018.11.002.

3. Nehlig, A. Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption / A. Nehlig // *Pharmacological Reviews*. – 2018. – Vol. 70, No. 2. – P. 384-411. – DOI 10.1124/pr.117.014407.

4. Fu, Li, G. Impact of Ethnicity-Specific Hepatic Microsomal Scaling Factor, Liver Weight, and Cytochrome P450 (CYP) 1A2 Content on Physiologically Based Prediction of CYP1A2-Mediated Pharmacokinetics in Young and Elderly Chinese Adults / G. Fu, Li, Q. Sh. Zheng, Y. Yu [et al.] // *Clinical Pharmacokinetics*. – 2019. – Vol. 58, No. 7. – P. 927-941. – DOI 10.1007/s40262-019-00737-5.

5. Youssef, R. B. Bioanalytical Study of the Effect of Lycopene on the Pharmacokinetics of Theophylline in Rats / R. B. Youssef, M. A. Fouad, A. A. El-Zaher // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. – 2020. – Vol. 53, No. 11. – P. 1053-1058. – DOI 10.1007/s11094-020-02121-1.

6. Sodhi, Ja. K. Volume of Distribution is Unaffected by Metabolic Drug-Drug Interactions / Ja. K. Sodhi, C. H. Huang, L. Z. Benet // *Clinical Pharmacokinetics*. – 2021. – Vol. 60, No. 2. – P. 205-222. – DOI 10.1007/s40262-020-00926-7.

7. Da Silva, L. A. Mechanisms and biological effects of Caffeine on substrate metabolism homeostasis: A systematic review / L. A. Da Silva, R. Osiecki, J. Wouk [et al.] // *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. – 2017. – Vol. 7, No. 6. – P. 215-221. – DOI 10.7324/JAPS.2017.70632.

8. Европейская Конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.). Доступно по: [https://rm.coe.int/168007\\_aba8](https://rm.coe.int/168007_aba8). Ссылка активна на 14 апреля 2023 г.

9. Директива 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях. Доступно по: <https://eurlex.europa.eu/Lex>

UriServ/LexUriServ.do?

uri=OJ:L:2010:276:0033:007 9:en:PDF.

Ссылка активна на 14 апреля 2023 г.

10. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. Под общей редакцией Р.У. Хабриева – Издание 2-е, переработанное и дополненное. – Москва: Издательство "Медицина", 2005. – 832 с. – ISBN 5225042198.

11. Медведев, А. П. Основы анатомии, физиологии, содержания и использования лабораторных животных / А. П. Медведев, А. А. Вербицкий. – Витебск : Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины ", 2016. – 204 с. – ISBN 978-985-512-930-2.

12. Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений РД-АПК 3.10.07.02-09 (утв. Министерством сельского хозяйства РФ 1 декабря 2009 г.)

13. Васильева С.В., Карпенко Л.Ю., Душенина О.А. Поиск оптимальных способов забора крови у лабораторных крыс в условиях хронического опыта. Генетика и разведение животных. 2022;(4):56-60. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2022-4-56-60>

14. Душенина, О. А. Анализ методов взятия крови у экспериментальных крыс / О. А. Душенина, Л. Ю. Карпенко, С. В. Васильева // Ветеринария Кубани. – 2022. – № 6. – С. 21-24. – DOI 10.33861/2071-8020-2022-6-21-24.

15. Стрелова О.Ю., Чувина Н.А. Изолирование кофеина из крови с применением ферментативного гидролиза на примере модельного вещества // Судебно-медицинская экспертиза. - 2008. - Т. 51, №4. - С. 28-31

16. Основы проведения биомедицинских исследований на лабораторных животных: учеб. пособие / М.О. Гомзикова, А.Г. Маланьева, З.Ю. Сираева – Казань: ИД «МедДок», 2021. –124 с.

## REFERENCES

1. Weiser, T. Effect of Caffeine on the Bioavailability and Pharmacokinetics of an Acetylsalicylic Acid-Paracetamol Combination: Results of a Phase I Study / T. Weiser, H. Weigmann // *Advances in Therapy*. - 2019. - Vol. 36, no. 3. - P. 597-607. – DOI 10.1007/s12325-019-0891-5.
2. Willson, C. The clinical toxicology of caffeine: A review and case study / C. Willson // *Toxicology Reports*. - 2018. - Vol. 5. - P. 1140-1152. – DOI 10.1016/j.toxrep.2018.11.002.
3. Nehlig, A. Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption / A. Nehlig // *Pharmacological Reviews*. - 2018. - Vol. 70, no. 2. - P. 384-411. – DOI 10.1124/pr.117.014407.
4. Fu, Li, G. Impact of Ethnicity-Specific Hepatic Microsomal Scaling Factor, Liver Weight, and Cytochrome P450 (CYP) 1A2 Content on Physiologically Based Prediction of CYP1A2-Mediated Pharmacokinetics in Young and Elderly Chinese Adults / G. Fu, Li, Q. Sh. Zheng, Y. Yu [et al.] // *Clinical Pharmacokinetics*. - 2019. - Vol. 58, no. 7. - P. 927-941. – DOI 10.1007/s40262-019-00737-5.
5. Youssef, R. B. Bioanalytical Study of the Effect of Lycopene on the Pharmacokinetics of Theophylline in Rats / R. B. Youssef, M. A. Fouad, A. A. El-Zaher // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. - 2020. - Vol. 53, no. 11. - P. 1053-1058. – DOI 10.1007/s11094-020-02121-1.
6. Sodhi, Ja. K. Volume of Distribution is Unaffected by Metabolic Drug-Drug Interactions / Ja. K. Sodhi, C. H. Huang, L. Z. Benet // *Clinical Pharmacokinetics*. - 2021. - Vol. 60, no. 2. - P. 205-222. – DOI 10.1007/s40262-020-00926-7.
7. Da Silva, L. A. Mechanisms and biological effects of Caffeine on substrate metabolism homeostasis: A systematic review / L. A. Da Silva, R. Osiecki, J. Wouk [et al.] // *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. - 2017. - Vol. 7, no. 6. - P. 215-221. – DOI 10.7324/JAPS.2017.70632.
8. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental or other Scientific Purposes (Strasbourg, March



- 18, 1986). Available at: <https://rm.coe.int/168007a6a8>. Link active as of April 14, 2023.
9. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. Available at: <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF>. Link active as of April 14, 2023.
10. Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. Under the general editorship of R.U. Khabrieva - Edition 2, revised and supplemented. - Moscow: Publishing house "Medicine", 2005. - 832 p. - ISBN 5225042198.
11. Medvedev, A. P. Fundamentals of anatomy, physiology, maintenance and use of laboratory animals / A. P. Medvedev, A. A. Verbitsky. - Vitebsk: Educational Institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine ", 2016. - 204 p. - ISBN 978-985-512-930-2.
12. Guidelines for keeping laboratory animals in vivariums of research institutes and educational institutions RD-APK 3.10.07.02-09 (approved by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on December 1, 2009)
13. Vasilyeva S.V., Karpenko L.Yu., Dushenina O.A. Search for optimal methods of blood sampling from laboratory rats under conditions of chronic experiment. Genetics and animal breeding. 2022;(4):56-60. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2022-4-56-60>
14. Dushenina, O. A. Analysis of blood sampling methods in experimental rats / O. A. Dushenina, L. Yu. Karpenko, S. V. Vasilyeva // Veterinary of Kuban. - 2022. - No. 6. - S. 21-24. - DOI 10.33861/2071-8020-2022-6-21-24.
15. Strelova O.Yu., Chuvina N.A. Isolation of caffeine from the blood using enzymatic hydrolysis on the example of a model substance // Forensic medical examination. - 2008. - V. 51, No. 4. - pp. 28-31
16. Fundamentals of biomedical research on laboratory animals: textbook. allowance / M.O. Gomzikova, A.G. Malanyeva, Z.Yu. Siraeva - Kazan: Publishing House "MedDoc", 2021. -124 p.



УДК: 636.5.033-053.2.087.72:612.33-008.97

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.150

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ L-АСПАРАГИНАТОВ И ФИТАЗЫ НА СОДЕРЖАНИЕ В МИКРОБИОМЕ КИШЕЧНИКА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ АКТИНОМИЦЕТОВ И ЭНТЕРОБАКТЕРИЙ

Жилочкина Т. И. – канд.с-х наук, доцент кафедры биологии, экологии и гистологии

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

\* tr1959@yandex.r

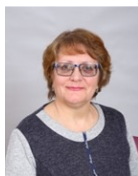
**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, L-аспарагинаты, фитаза, продуктивность, микробиом кишечника.

**Keywords:** broiler chickens, L-asparaginates, phytase, productivity, gut microbiome.

Поступила: 28.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В 2021 году в виварии ФНЦ «ВНИТИП» РАН, на 4-х группах цыплят-бройлеров кросса селекции СГЦ "Смена 8», был проведен опыт с использованием в кормах минеральной добавки в форме L-аспарагинатов, как в сочетании с фитазой, так и без нее. Цыплята группы I получали полнорационные комбикорма с добавлением неорганических форм микроэлементов в виде премиксов в соответствии с гарантийными нормами. Цыплята II группы получали общий рацион без включения микроэлементов премикса, но с добавлением фермента фитазы в количестве 1 млн.ед. на тонну. Птица III опытной группы получала комбикорма с добавлением минерального премикса (ОМЭК-бройлер) в форме L-аспарагинатов, с содержанием 7,5% микроэлементов от принятых норм. Цыплята IV группы потребляли полнорационные комбикорма с включением L-аспарагинатов, с содержанием 7,5% микроэлементов от принятых норм, с добавлением фитазы в количестве 1 млн. ед./т. На основании полученных данных было установлено, что внесение в рационы L-аспарагинатов в количестве 7,5% от гарантированных норм, обеспечивало лучшую ассимиляцию металлов, способствующую более полному усвоению питательных веществ корма. Добавка фитазы к L-аспарагинатам усиливало данный процесс, что опосредованно могло повлиять на улучшение продуктивных показателей бройлеров, а также качественные и количественные характеристики микробного сообщества их кишечника. Так, в количестве актиномицетов и энтеробактерий по всем экспериментальным группам отмечались низкие показатели, что указывало не только на хорошее качество корма и его высокую конверсию, но и на усиление активности биохимических процессов.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В настоящее время птицеводству в нашей стране уделяется большое внимание. На производстве введена новая технологическая основа, выполнена полномасштабная автоматизация и механизация процессов выращивания и сбора продукции. Известно, что цыплята-бройлеры способны вырастать за 2 месяца, а их мясо считается диетическим. В связи с этим, правильное, сбалансированное питание птиц имеет большое значение. У современных кроссов, недостаток минеральных веществ в кормах приводит к заболеваниям суставов, нарушениям деятельности нервной и эндокринной систем, ухудшению процессов воспроизводства [1,2]. Однако, неорганические формы минеральных добавок в виде премиксов обладает низкой биологической доступностью, а увеличение их норм ввода усиливает их токсичность и способность к разрушению витаминов, особенно жирорастворимых. В связи с этим, ведутся поиски новых источников минеральных веществ.

В настоящее время, активно изучаются органические формы минеральных добавок, представляющие собой хелат-комплексные соединения микроэlementных металлов меди, кобальта, марганца, цинка и других элементов с биологическими лигандами – аминокислотами. [3]. Микроэлементы, соединяясь с аминокислотой, становятся более доступными к всасыванию. При этом, на организм не оказывается токсического воздействия и не разрушаются витамины. Одной из таких органических форм минеральных добавок являются L-аспарагинаты, представляющие собой хелаткомплексное соединение аспарагиновой кислоты с микроэлементами - марганцем, железом, цинком, кобальтом и медью.

Фитаза – это тип фосфатазного фермента, который обеспечивает гидролиз фитиновой кислоты. Известно, что фитаты (кальциевые и магниевые соли фитиновой кислоты), являются неперевариваемой органической формой фосфора, содержащейся в растениях, особенно в зерновых и масличных культурах. На фита-

ты, приходится до двух третей всего фосфора в пище, оставшаяся треть представлена легко усвояемым неорганическим фосфором (Фн), в связи с чем, в организме птиц происходит усвоение только одной трети фосфора. [4.]

Фитаза высвобождает полезную форму неорганического фосфора, обеспечивая, тем самым, его более полное усвоение, что в свою очередь, способствует уменьшению его выделения из организма, снижая, с экологической точки зрения, уровень загрязнения окружающей среды [5].

Известно, что, продуктивность птицы и ее здоровье во многом определяются состоянием желудочно-кишечного тракта. Изменение кишечной микрофлоры в количественном и качественном соотношении, могут вызывать нарушения микроэкологии кишечника [6, 7]. Кроме нормофлоры, в кишечнике птиц присутствуют, так же, условно-патогенные (энтеробактерии, коринебактерии и др.) и патогенные микроорганизмы (сальмонеллы, пастереллы и др.) [8].

В норме их содержание в кишечнике птиц находится на низком уровне, но при ухудшении резистентности организма, может возникать нарушение их баланса, приводящие к дисбактериозам и различным заболеваниям. Энтеробактерии могут вызывать заболевания опорно-двигательного аппарата и энтериты. Микотоксины подавляют полезных представителей кишечного биоценоза: целлюлозолитиков, расщепляющих клетчатку кормов, и бактерий, синтезирующих летучие жирные кислоты, что может приводить к доминированию в кишечнике патогенных форм микроорганизмов. В связи с поражением ротовой полости птица теряет аппетит, что влечет за собой снижение темпов роста цыплят и уровня продуктивности [9].

Таким образом, изучение влияния органических форм микроэлементов и микробиальной фитазы на микробное сообщество кишечника цыплят-бройлеров является актуальным.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

В 2021 году, в виварии ФНЦ «ВНИТИП» РАН на цыплятах-бройлерах кросса селекции СГЦ "Смена 8", на четырех группах цыплят-бройлеров, сформированных по принципу аналогов, был проведен опыт. Цыплята группы I получали полнорационные комбикорма с добавлением неорганических форм микроэлементов в виде премиксов в соответствии с гарантийными нормами. Цыплята II группы получали общий рацион без включения микроэлементов премикса, но с добавлением фермента фитазы в количестве 1 млн.ед. на тонну. Птица III опытной группы получала комбикорма с добавлением минерального премикса (ОМЭК-бройлер) в форме L- аспарагинатов, с содержанием 7,5% микроэлементов от принятых норм. Цыплята IV группы потребляли полнорационные комбикорма с включением L- аспарагинатов, с содержанием 7,5% микроэлементов от принятых норм, с добавлением фитазы в количестве 1 млн. ед./т.

Живая масса учитывалась путем индивидуального взвешивания птицы в возрасте 1, 5, 14, 21 и 35 суток, сохранность - ежедневным подсчетом поголовья, среднесуточный прирост живой массы, затраты корма на 1 кг прироста и ЕИП - расчетным методом. В конце опыта с каждой опытной группы отбиралось по 5 петушков,

проводился их убой и отбор проб кишечника для молекулярно-генетического исследования. Бактериальное сообщество слепой кишки оценивали методом NGS-секвенирования на платформе MiSeq («Illumina, Inc.», США) с применением праймеров для V3-V4 региона 16S рРНК. Биоинформатический анализ данных выполняли с помощью программного обеспечения QIIME2 ver. 2020.8 (<https://docs.qiime2.org/2020.8/>). Математическую и статистическую обработку результатов осуществляли методом многофакторного дисперсионного анализа (multifactor ANalysis Of VAriance, ANOVA) в программах Microsoft Excel XP/2003, R-Studio (Version 1.1.453) (<https://rstudio.com>). Достоверность различий устанавливали по t-критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION**

Исходя из анализа полученных данных, сохранность цыплят-бройлеров во всех опытных группах, за период выращивания была хорошей и находилась на уровне 100%. По живой массе, в возрасте 5 суток особых изменений среди экспериментальных цыплят не отмечалось. К возрасту 14 суток живая масса цыплят II, III и IV групп была больше в сравнении с I группой бройлеров на 0,88%...6,11%...8,17%. В III и IV группах

**Таблица 1****Зоотехнические показатели цыплят-бройлеров**

| Показатель                                     | Группа |        |         |        |
|------------------------------------------------|--------|--------|---------|--------|
|                                                | I - К  | II - О | III - О | IV - О |
| Затраты корма на 1 голову, кг                  | 3,05   | 3,01   | 3,04    | 3,08   |
| Среднесуточный прирост живой массы, г          | 54,71  | 52,70  | 58,20   | 59,63  |
| Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг | 2,008  | 2,057  | 1,881   | 1,860  |
| ЕИП                                            | 272,46 | 256,19 | 309,40  | 320,59 |

\*\* –  $P \leq 0,01$  относительно группы 2; \*\*\* –  $P \leq 0,001$  относительно группы 2.

цыплят, потреблявших корма с органической формой минеральной добавки в виде L-аспарагинатов, относительно цыплят II группы данный показатель был выше на 5,18% и 5,55%, что является свидетельством более полного усвоения корма. С увеличением возраста живая масса цыплят II группы стала отставать от живой массы бройлеров I, III и IV групп, к концу периода выращивания, приобретая

статистически достоверный характер. Так, к возрасту 21 суток живая масса цыплят II группы была ниже массы бройлеров I, III и IV групп на 0,74% ... 4,94%...6,47% , а к возрасту 35 суток на 3,56%...6,20%...8,81, что указывало на снижение процесса усвоения птицей II группы питательных веществ корма, связанного, вероятно, с недостаточным поступлением минеральных веществ в ее организм (рис.1).

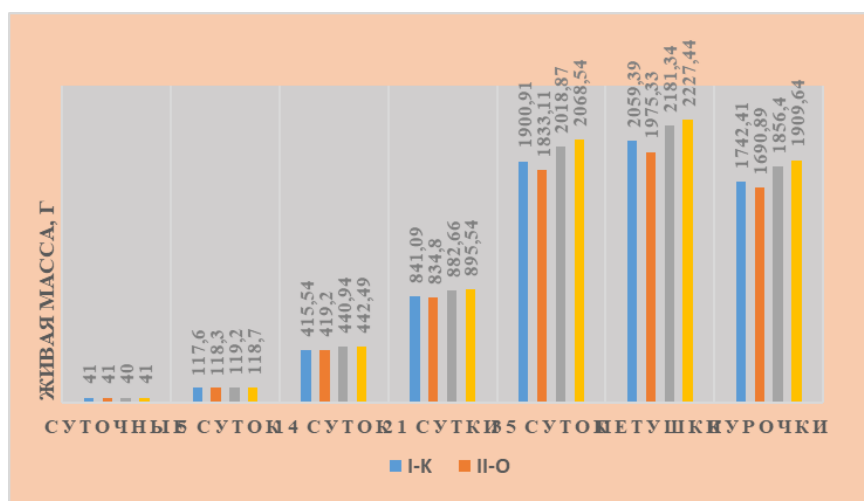


Рис.1 Изменение живой массы цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса «Смена-8» при включении в рацион микроэлементов и фитазы ( $n=35$ )

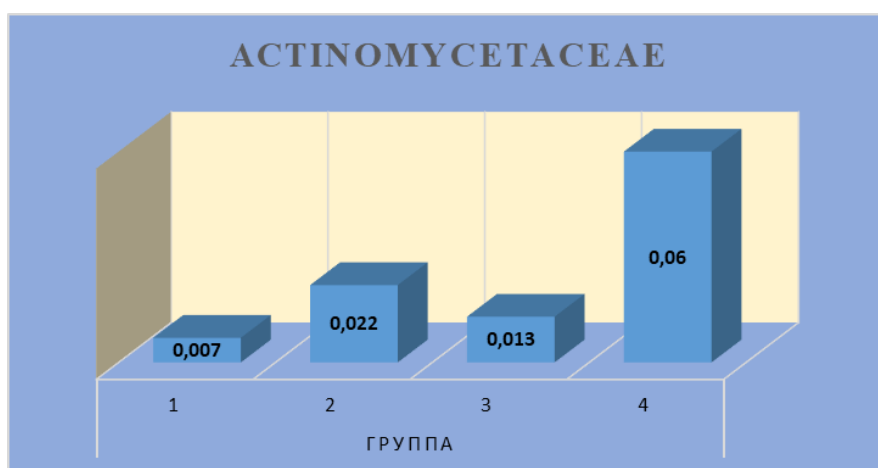


Рис.2 Содержание актиномицетов в кишечном микробиоме цыплят-бройлеров кросса «Смена 8» ( $n=3$ ), при  $p \leq 0,05$ .



Показатели среднесуточного прироста у цыплят II группы относительно цыплят контрольной группы были меньше на 3,67%, а в III и IV группах, напротив, больше на 6,37% и 8,99% (табл.1).

Самые высокие показатели затрат корма на килограмм прироста наблюдались у бройлеров II группы, что, вероятно, связано с активным поеданием корма, вследствие более низкого его усвоения. Самые малые затраты корма, при высоком ЕИП, отмечались в IV группе цыплят-бройлеров, потреблявших корма с минеральной добавкой в форме L-аспарагинатов (ОМЭК-бройлер) в сочетании с фитазой.

#### **Характеристика микробного сообщества кишечника бройлеров**

При исследовании микрофлоры кишечника цыплят-бройлеров отдельно изучалось присутствие в нем актиномицетов и энтеробактерий. Присутствие актиномицетов в микробиоме птиц нежелательно, поскольку возрастание их доли может привести к дисбиотическим нарушениям. Как видно из рисунка 2, относительная доля актиномицетов в образцах кишечника цыплят-бройлеров всех групп была крайне мала и не превышала 0,06% от количества всех исследуемых микроорганизмов, что не является опасным для птиц.

Энтеробактерии представляют собой широкую группу микроорганизмов, многие из которых являются возбудителями гастроэнтеритов. Относительная доля энтеробактерий во всех образцах кишечника экспериментальных цыплят была низкой с некоторым увеличением их в четвертой опытной группе до 3,17% от всех микроорганизмов (рис.3). Это может быть связано с индивидуальным восприятием корма одного из трех цыплят, пробы кишечника которых были взяты для исследования. Однако, при норме содержания энтеробактерий в кишечнике птиц не более 4-5% данное их увеличение не представляет опасности [9].

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

Живую массу, при аналогичном среднесуточном приросте, лучше всего набирали цыплята-бройлеры III и IV групп.

Самые низкие затраты корма, при самом высоком ЕИП, наблюдались у цыплят IV группы, самые высокие затраты корма, при самом низком ЕИП отмечались во II группе бройлеров, получавших корма без премиксов.

В микрофлоре кишечника цыплят – бройлеров всех экспериментальных групп выявлено низкое содержание актиномицетов и энтеробактерий, не представляющее опасности для птиц, что указывает на хорошее качество корма и здоровый кишечник цыплят-бройлеров.

#### **STUDY OF THE EFFECT OF L-ASPARAGINATES AND PHYTASE ON THE CONTENT IN THE INTESTINAL MICROBIOME OF BROILER CHICKENS OF ACTINOMYCETES AND ENTEROBACTERIA.**

**Zhilochkina T.I.** \* of Agricultural Sciences, SPb GUVm

#### **ABSTRACT**

In 2021, in the vivarium of the FNC "VNITIP" of the Russian Academy of Sciences, on 4 groups of broiler chickens of the cross breeding of the SGC "Smena 8", an experiment was conducted with the use of a mineral additive in the form of L-asparaginates in feed, both in combination with phytase and without it. Group I chickens received complete mixed feeds with the addition of inorganic forms of microelements in the form of premixes in accordance with the guarantee standards. Group II chickens received a total diet without the inclusion of microelements of the premix, but with the addition of the phytase enzyme in the amount of 1 million units. per ton. The birds of the third experimental group received feed with the addition of a mineral premix (OMEK-broiler) in the form of L-asparaginates, with a content of 7.5% of microelements from the accepted norms. Group IV chickens consumed complete mixed feed with the inclusion of L-asparaginates, with a content of 7.5% of microelements from the accepted norms, with the addition of phytase

in the amount of 1 million units / t. Based on the data obtained, it was found that the introduction of L-asparaginates into the diets in an amount of 7.5% of the guaranteed norms provided better assimilation of metals, contributing to a more complete assimilation of feed nutrients. The addition of phytase to L-asparaginates enhanced this process, which could indirectly affect the improvement of broilers' productive indicators, as well as the qualitative and quantitative characteristics of the microbial community of their intestines. Thus, the number of actinomycetes and enterobacteria in all experimental groups showed low indicators, which indicated not only good feed quality and its high conversion, but also increased activity of biochemical processes.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Топорова Л.В., Андреев В.В./ Биологические основы минерального питания сельскохозяйственных животных / Журнал «Ценовик», 2016. – № 2 – С. 93-108
2. Околелова Т.М., Енгашев С.В. Научные основы кормления и содержания сельскохозяйственной птицы. Монография. – М.: РИОР, 2021.
3. Кабиров Г.Ф. Хелатные формы биогенных металлов в животноводстве / Г.Ф. Кабиров, Г.П. Логинов, Н.З. Хазипов / Казань. - 2004. - 248 с.
4. Анчиков Э.В. Фитаза в комбикормах для бройлеров. Автореф. дис...канд. с.х. наук, Сергиев Посад, 2012.-22 с.
5. He, Z. Trace elements in agroecosystem and impact on the environmental / Z. He, X. Yang, R Stoffella // J. Trace Elements in Medicine and Biology. - 2005. - Vol. 19.
6. Ptak, M.R. Bedford, S. Swiatkiewicz, K. Zyla, D. Józefiak Phytase modulates ileal microbiota and enhances growth performance of the broiler chickens. PLoS One, 10 (2015), p. e0119770
7. Borda-Molina, T. Zuber, W. Siegert, A. Camarinha-Silva, D. Feuerstein, M. Rodehutschord, Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chick-

ens, Poultry Science, Volume 98, Issue 7 2019, Pages 2906-2918

8. Y. Sun, M.X.D. O'Riordan. Regulation of bacterial pathogenesis by intestinal short-chain fatty acids. Adv. Appl. Microbiol., 85 (2013), p. 93-118.

9. Околелова Т.М., Лаптев Г.Ю., Енгашев С.В., Тюрина Д.Г. О составе микробиоты ЖКТ птицы в норме и при патологии. // Наше сельское хозяйство. №2, 2023. С. 42 -48.

#### REFERENCES

1. Toporova L.V., Andreev V.V. / Biological bases of mineral nutrition of farm animals / Magazine "Tsenovik", 2016. - No. 2 - P. 93-108 (In Russ.)
2. Okolelova T.M., Engashev S.V. Scientific bases of feeding and maintenance of poultry. Monograph. – M.: RIOR, 2021. (In Russ.)
3. Kabirov G.F. Chelated forms of biogenic metals in animal husbandry / G.F. Kabirov, G.P. Loginov, N.Z. Khazipov / Kazan. - 2004. - 248 p. (In Russ.)
4. Anchikov E.V. Phytase in feed for broilers. Abstract dis...cand. s.kh. Sciences, Sergiev Posad, 2012.-22 p. (In Russ.)
5. He, Z. Trace elements in agroecosystem and impact on the environmental / Z. He, X. Yang, R Stoffella // J. Trace Elements in Medicine and Biology. - 2005. – Vol. 19.
6. Ptak, M.R. Bedford, S. Swiatkiewicz, K. Zyla, D. Józefiak Phytase modulates ileal microbiota and enhances growth performance of the broiler chickens. PLoS One, 10 (2015), p. e0119770
7. Borda-Molina, T. Zuber, W. Siegert, A. Camarinha-Silva, D. Feuerstein, M. Rodehutschord, Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chickens, Poultry Science, Vol -ume 98, Issue 7 2019, P. 2906-2918
8. Y. Sun, M.X.D. O'Riordan. Regulation of bacterial pathogenesis by intestinal short-chain fatty acids. Adv. Appl. Microbiol., 85 (2013), p. 93-118.
9. Okolelova T.M., Laptev G.Yu., Engashev S.V., Tyurina DG. On the composition of the microbiota of the gastrointestinal tract of poultry in normal and pathological conditions. // Our agriculture. No. 2, 2023. P. 42-48. (In Russ.)

УДК: 637.5.051

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.156

## ЗАВИСИМОСТЬ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ МЯСА ОТ КАТЕГОРИИ КАЧЕСТВА

**Калюжная Т.В.** \* – к.вет.н., доц. кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы (ORCID 0000-0002-8682-1840), **Орлова Д.А.** – к.вет.н., доц. кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, (ORCID 0000-0002-8163-8780), **Карпенко Л.Ю.** – д.биол.н., проф., зав. кафедрой биохимии и физиологии, (ORCID 0000-0003-3005-0968).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

\*tomagafk087@mail.ru

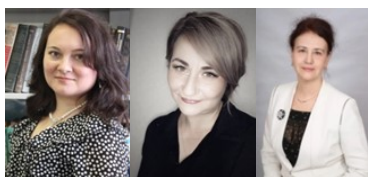
**Ключевые слова:** пищевая ценность, пороки качества мяса, свинина PSE и DFD, говядина PSE и DFD, свинина RSE, свинина RFN, свинина PFN, массовая доля белка, массовая доля влаги, массовая доля жира.

**Keywords:** nutritional value, meat quality defects, pork PSE and DFD, beef PSE and DFD, pork PSE, pork RFN, pork PFN, protein mass fraction, moisture mass fraction, fat mass fraction.

Поступила: 05.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В литературных данных сведения о пищевой ценности мяса разных категорий качества в основном представлены ее оценкой при наличии пороков PSE и DFD либо в свинине, либо в говядине. Практически отсутствуют работы по изучению пищевой ценности мяса с категорией качества RSE, RFN, PFN. Поэтому оценка пищевой ценности мяса в зависимости от категорий качества представляет как научный, так и практический интерес.

Цель исследований заключалась в изучении зависимости пищевой ценности мяса от категории качества.

Исследования проводили в условиях учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины» в период 2020-2022 года. Материалами для исследования служили 107 проб мяса различных категорий качества, полученные от разных видов убойных животных.

Пищевую ценность проб мяса определяли по ГОСТ 34567-2019 «Мясо и мясные продукты. Метод определения влаги, жира, белка, хлористого натрия и золы с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области (с Поправкой)» с помощью инфракрасного анализатора «ИнфраЛЮМ ФТ-12». Обработку полученных данных проводили используя программное обеспечение «СпектраЛЮМ/Про».

В результате определения пищевой ценности мяса разных категорий качества, установили, что содержание белка, жира и влаги зависело от категории. Следует отметить, что сведения о пищевой ценности мяса различных категорий качества необходимо учитывать при проведении входного контроля и переработке мясного сырья на перерабатывающих предприятиях.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Мясо является одним из традиционных источников полноценного белка, пищевая ценность которого зависит от содержания в нем таких веществ как белки, жиры и вода. На пищевую ценность мяса оказывают влияние различные факторы, такие как вид животного и порода, пол и возраст, кормление, условия хранения, способы упаковки [1; 5; 6; 8].

В рамках реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации») большое внимание уделяется вопросам повышения качества и рациональному использованию мяса и других продуктов убоя. Одним из важных критериев при оценке качества мяса является отсутствие пороков PSE и DFD, так как при их наличии изменяются как органолептические, так и технологические характеристики мяса. Например, свинина PSE (pH 5,52) имеет более светлый цвет, рыхлую, дряблую консистенцию, низкую влаго-связывающую способность. Свинина DFD имеет темную окраску, грубоволокнистую консистенцию и меньше хранится из-за pH выше 6,2, способствующей развитию микробной порче быстрее, чем в мясе категории качества NOR. Для мяса категории качества NOR (нормальное мясо) характерен специфический цвет и запах, свойственный данному виду мяса, упругая консистенция, высокая влагосвязывающая способность [2; 4; 7].

Помимо категорий качества PSE (бледная, мягкая, экссудативная) и DFD (темная, твердая, сухая) для свинины выделяют еще три категории: PFN — бледная, твердая, не экссудативная (pH 5,58); RSE — красная, мягкая, экссудативная (pH 5,67); RFN — красная, твердая, не экссудативная (pH 5,71) [3; 4].

В литературных данных сведения о пищевой ценности мяса разных категорий качества в основном представлены ее оценкой при наличии пороков PSE и DFD либо в свинине, либо в говядине. Практи-

чески отсутствуют работы по изучению пищевой ценности мяса с категорией качества RSE, RFN, PFN. Поэтому оценка пищевой ценности мяса в зависимости от категорий качества представляет как научный, так и практический интерес.

Цель исследований заключалась в изучении зависимости пищевой ценности мяса от категории качества.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования проводили в условиях учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины» в период 2020-2022 года. Материалами для исследования служили 107 проб мяса различных категорий качества, полученные от разных видов убойных животных: свинина категории качества PSE – 11; свинина категории качества DFD – 13; свинина категории качества RSE – 10; свинина категории качества PFN – 9; свинина категории качества RFN – 11; свинина категории качества NOR – 12; говядина категории качества PSE – 14; говядина категории качества DFD – 12; говядина категории качества NOR – 15.

Пробы поступали в виде отрубов, от которых отбирали точечные пробы, далее составляли объединенную пробу и проводили исследование.

Пищевую ценность проб мяса определяли по ГОСТ 34567-2019 «Мясо и мясные продукты. Метод определения влаги, жира, белка, хлористого натрия и золы с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области (с Поправкой)» с помощью инфракрасного анализатора «ИнфраЛЮМ ФТ-12». Обработку полученных данных проводили используя программное обеспечение «СпектраЛЮМ/Про».

С целью исключения недостоверности результатов исследования проводили с трехкратной повторяемостью. Для обработки результатов исследований использовали методы вариационной статистики, вычисляя средние арифметические значения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

В результате определения пищевой ценности мяса разных категорий качества, установили, что содержание белка, жира и влаги зависело от категории (рис. 1). Следует отметить, что массовая доля белка, жира и влаги в свинине категорий качества NOR отличалась от аналогичных показателей в свинине остальных категорий качества. Так, содержание жира в свинине категории качества NOR составляло в среднем  $14,81 \pm 0,11\%$ , что было на  $0,24\%$  меньше, чем в свинине категории качества DFD и на  $0,12\%$  больше чем в свинине категории качества PSE. Содержа-

ние жира в остальных категориях качества было больше чем в свинине категорий качества NOR в среднем на  $0,13\%$ . Так же была установлена разница по содержанию влаги в среднем на  $0,5\%$  между свининой категорий качества PSE, DFD, RSE, PFN, RFN и свиной категории качества NOR. При этом наименьшее количество влаги установлено в свинине категории качества DFD, а наибольшее - в свинине категории качества PSE. Содержание белка в свинине разных категорий качества было так же не одинаково и отличалось в среднем на  $0,3\%$  от свиной категории качества NOR.

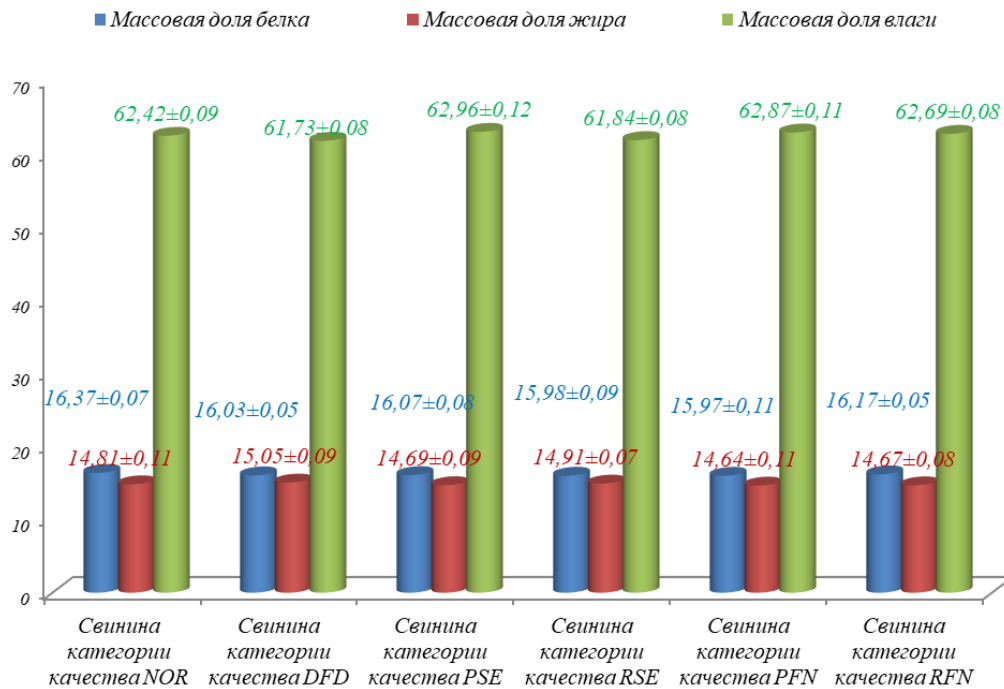


Рис. 1 – Пищевая ценность свинины разных категорий качества

Аналогичные отличия в содержании белка, жира и влаги наблюдались в говядине категорий качества PSE, DFD по сравнению с говядиной категории качества NOR. Так, содержание жира в говядине категории качества PSE превышало

аналогичный показатель в говядине NOR на  $0,18\%$ , а содержание жира в говядине DFD наоборот было ниже, чем в говядине NOR на  $0,15\%$ . В большем количестве белок содержался в говядине категории качества PSE, а в меньшем - в говядине



DFD. В наибольшем количестве  $72,55 \pm 0,12\%$  массовая доля влаги определялась в говядине категории качества PSE, а в наименьшем  $70,9 \pm 0,08\%$  - в говя-

дине NOR. Разница в содержании влаги между категориями говядины DFD и NOR составляла  $0,82\%$ .

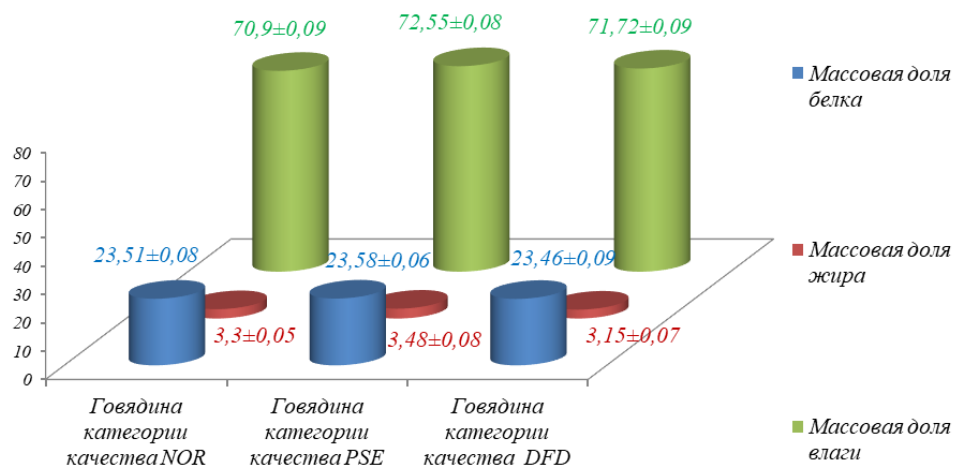


Рис. 2 – Пищевая ценность говядины разных категорий качества

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что установленные различия в содержании жира, белка, влаги в мясе разных категорий качества свидетельствуют о зависимости его пищевой ценности от наличия таких пороков как PSE, DFD, RSE, PFN, RFN. Следует отметить, что сведения о пищевой ценности мяса различных категорий качества необходимо учитывать при проведении входного контроля и переработке мясного сырья на перерабатывающих предприятиях.

## DEPENDENCE OF THE NUTRITIONAL VALUE OF MEAT ON THE QUALITY CATEGORY

Kalyuzhnaya T.V. \* – PhD of veterinary science, Associate Professor; Orlova D.A. – PhD of veterinary science, Associate Professor; Karpenko L.Yu. – Doctor of biological sciences, Professor;

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SPbSUVN"

\*tomagafk087@mail.ru

## ABSTRACT

In the literature data, information about the nutritional value of meat of different quality categories is mainly represented by its assessment in the presence of PSE and DFD defects either in pork or beef. There are practically no studies on the nutritional value of meat with the quality category RSE, RFN, PFN. Therefore, the assessment of the nutritional value of meat, depending on the quality categories, is of both scientific and practical interest.

The purpose of the research was to study the dependence of the nutritional value of meat on the quality category.

The research was carried out in the conditions of the educational and research center for the examination of food and animal feed of the St. Petersburg State University of Veterinary Medicine in the period 2020-2022. The materials for the study were 107 samples of meat of various quality categories obtained from different types of slaughter animals.

The nutritional value of meat samples was determined according to GOST 34567-2019

"Meat and meat products. Method for determination of moisture, fat, protein, sodium chloride and ash using near-infrared spectroscopy (with Correction)" using infrared analyzer "InfraLUM FT-12". Processing of the received data was carried out using the software "Spectrum/Pro".

As a result of determining the nutritional value of meat of different quality categories, it was found that the content of protein, fat and moisture depended on the category. It should be noted that information about the nutritional value of meat of various quality categories should be taken into account when conducting input control and processing meat raw materials at processing enterprises.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chulayo, A.Y. Research on pre — slaughter stress and meat quality: A review of challenges faced under practical conditions / A.Y. Chulayo, O. Tada, V. Mucyenje // *Applied Animal Husbandry and Rural Development*. — 2012. — Vol. 5. — P. 1–6.
2. Калюжная, Т. В. К вопросу о пищевой ценности мяса нутрии / Т. В. Калюжная // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. — 2018. — № 3. — С. 197-199. — DOI 10.17238/issn2072-6023.2018.3.197. — EDN XZTYFV.
3. Лисицын, А. Качество свинины: стандарты и методы оценки / А. Лисицын // *Животноводство России*. — 2013. — № S2. — С. 35-36. — EDN JIGXFH.
4. Орлова, Д. А. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса утки / Д. А. Орлова, Т. В. Калюжная, Д. С. Барахов // *Международный вестник ветеринарии*. — 2021. — № 2. — С. 99-102. — DOI 10.17238/issn2072-2419.2021.2.99. — EDN SKLWEZ.
5. Rosenvold, K., Henrik, J. A. Factors of significance for pork quality-a review / K. Rosenvold, J. A. Henrik // *Meat science* - 2003. - Vol. 64 (3) — P. 219-37. — DOI 10.1016/S0309-1740(02)00186-9.
6. Биологическая и пищевая ценность мышечной ткани в зависимости от качественных дефектов свинины / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, В. А. Бараников [и др.] // . — 2018. — № 4(4). — С. 37-44. — DOI 10.31208/2618-7353-2018-4-37-44. — EDN VOLOGI.
7. Насонова, В. В. Формирование показателей качества свинины / В. В. Насонова, Т. Г. Кузнецова, Л. И. Лебедева, Е. В. Милеенкова, А. А. Лазарев // *Все о мясе*. - 2016. - №4. - С. 22-26
8. D'Souza, D.N. Enhancing pork product quality and consistency: a pathway approach / D.N D'Souza, B.P Mullan, M. Trezona // 58 International Congress of Meat Science and Technology, Montreal, Canada. — 2012. - P. 104–110.

#### REFERENCES

1. Chulayo, A.Y. Tada O., Mucyenje V., Research on pre — slaughter stress and meat quality: A review of challenges faced under practical conditions. *Appl. Anim. Husb. Rural Develop.* 2012; 5: 1-6.
2. Kalyuzhnaya, T. V. On the question of the nutritional value of nutria meat [Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии]. 2018;3: 197-199. doi 10.17238/issn2072-6023.2018.3.197 [in Russ.]
3. Lisitsyn, A. Pork quality: standards and evaluation methods. [Животноводство России]. 2013; S2: 35-36 [in Russ.]
- Orlova, D. A. Veterinary and sanitary examination of duck meat / [International bulletin of Veterinary Medicine]. 2021;2: 99-102. doi 10.17238/issn2072-2419.2021.2.99 [in Russ.]
4. Rosenvold K, Andersen HJ. Factors of significance for pork quality-a review. *Meat Sci.* 2003 Jul;64(3):219-37. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00186-9.
5. Slozhenkina, M.I., Gorlov, I.F., Baranikov, V.A., Mosolova, N.I., Surkova, S.A. Lodyanov, V.V., Kulikovskii, A. Biological and food value muscle tissue depending from qualitative defects of pork. [Аграрно-пищевые инновации]. 2018;4: 37-44. doi 10.31208/2618-7353-2018-4-37-44 [in Russ.]
6. Nasonova, V. V. Formation of pork quality indicators [Все о мясе]. 2016; 4:22-26 [in Russ.]
7. D'Souza, D.N., Trezona Murray, M., Dunshea, F.R., and Mullan, B.P. Enhancing pork product quality and consistency: A pathway approach. *Proceedings of 58th International Congress of Meat Science and Technology*, August 12–17, 2012, Montreal, Canada:104-110.

УДК: 575.116.4:575.2

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.161

## АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *BMP2* КОСТНОГО МОРФОГЕНЕТИЧЕСКОГО БЕЛКА-2 У СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ

**Крутикова А.А.** \* – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики (ORCID 0000-0003-2561-145X), **Пегливанян Г.К.** – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики (ORCID 0000-0001-5194-4851)

ВНИИГРЖ

**Ключевые слова:** ДНК, секвенирование, генетический полиморфизм, SNP, ген *BMP2*, молекулярно-генетические маркеры, дикие и домашние северные олени (*Rangifer tarandus*)

**Keywords:** DNA, sequencing, genetic polymorphism, SNP, *BMP2* gene, molecular genetic markers, wild and domestic reindeer (*Rangifer tarandus*)

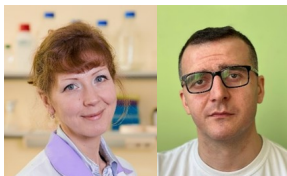
**Благодарности:** Исследования проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (ГЗ № 121052600352-3)

\*anntim2575@mail.ru

Поступила: 23.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В результате проведенных методом секвенирования по Сэнгеру исследований гена *BMP2* северных оленей, отвечающего за формирование костной ткани и скелетной мускулатуры у млекопитающих и ассоциированного с увеличением роста, размера и живой массы у продуктивных животных, впервые была определена нуклеотидная последовательность кодирующих и регуляторных участков гена *BMP2* у популяций дикого и домашнего северного оленя. В результате проведенных исследований был отсеквенирован участок кандидатного гена *BMP2* северных оленей, включающий первый нетранслируемый и второй экзоны, определены локусы с низкой (1-й экзон) и высокой (2-й экзон) степенью полиморфизма, выявлены однонуклеотидные несовпадения с референсным геномом (геном белохвостого оленя (*Odocoileus virginianus texanus*)), которые могут служить для филогенетического анализа эволюции генов – ортологов, а также для генетической идентификации видовой принадлежности, выявлено 12 полиморфных локусов двух типов: in/del – инсерции-делеции и SNP – однонуклеотидный полиморфизм, определены наиболее значимые замены в соответствии изменением аминокислотного состава белка и химическими свойствами заменяемых аминокислот, проведены расчеты встречаемости генотипов и аллелей по выявленным вариантам генетического полиморфизма в анализируемых популяциях северного оленя (ненецкой и эвенкийской породы, дикий СО).

Объектом исследований стали дикие и домашние северные олени хозяйств порога Таймыр и Эвенкии. Материалом для исследований послужила ДНК, выделенная классическим фенольным методом из крови домашнего северного оленя двух пород -

ненецкой (n=20) и эвенкийской (n=20), а также из образцов тканей дикого северного оленя (n=20).

Целью исследования стали поиск и отбор потенциальных вариантов генетического полиморфизма в гене *BMP2* в качестве молекулярно-генетических маркеров, которые могут быть рекомендованы к использованию в практике селекции северных оленей на увеличение мясной продуктивности.

Впервые была определена нуклеотидная последовательность значимых участков гена *BMP2* северных оленей. Выявленные в результате проведенных исследований полиморфные локусы в гене *BMP2* имели различия по частоте встречаемости аллелей мутантного и дикого типов в изученных выборках домашнего северного оленя ненецкой и эвенкийской пород, а также в выборке дикого северного оленя, что говорит о действии факторов отбора на регион гена *BMP2*. Выявленная генетическая изменчивость исследуемого региона у контрастных по продуктивности пород северного оленя является предварительным подтверждением влияния генетического полиморфизма в гене *BMP2* на вариабельность фенотипов по ростовым и массовым показателям, которые являются ключевыми для формирования мясной продуктивности северных оленей. Результаты исследований влияния полиморфизма гена *BMP2* на ростовые и массовые показатели у других видов животных позволяют предположить, что некоторые из выявленных вариантов генетического полиморфизма в изученном регионе гена *BMP2* могут оказаться казуальными мутациями, влияющими на формирование количественных признаков у домашних северных оленей.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Современные научные исследования направлены на поиск связи вариантов полиморфизма в различных генах с продуктивными качествами сельскохозяйственных животных. Особое внимание в последнее время уделяется такому виду сельскохозяйственных животных как северные олени, поскольку они являются единственно возможным хозяйственным объектом для коренных народностей Крайнего Севера и средством их существования, кроме того северный олень является стратегически важным объектом продовольственной безопасности при освоении и разработке Арктических территорий. Сложные экологические условия, потепление, сокращение пастбищных территорий приводит к снижению численности как диких, так и домашних северных оленей, а практическое отсутствие селекции и стремление оленеводов сдать большее количество мясной продукции привело к снижению живой массы оленей в популяциях домашних северных оленей. В связи с этим актуальным становится изучение генетического потенциала популяций северного оленя, поиск молекулярно-генетических марке-

ров продуктивных качеств оленей (мясной продуктивности), разработка маркерной панели и внедрение в практику оленеводства маркер-вспомогательной селекции.

Перспективными для таких исследований являются гены, участвующие в формировании хозяйственно полезных признаков. Среди актуальных генов-кандидатов можно выделить недавно идентифицированный и ассоциированный с ростом и развитием костной и мышечной ткани у животных ген *BMP2*, кодирующий костный морфогенетический белок-2. *BMP2* – костный морфогенетический белок (bone morphogenetic protein) относится к группе факторов роста, первоначально открытых благодаря их способности воздействовать на формирование кости и хряща. Сейчас показано, что белки BMP — одна из основных групп морфогенетических сигнальных белков, которые организуют построение тканей в теле [1]. Важность BMP иллюстрируется тем, что нарушения их работы связаны с многочисленными патологиями. BMP-2 является мощным остеоиндуктивным фактором, который, как было показано, индуцирует остеогенную дифференцировку мезенхи-

мальных клеток. Костный морфогенетический белок 2 (BMP2) принадлежит к тому же семейству, что и BMP5, и участвует в сигнальном пути трансформирующего фактора роста-бета (TGF-beta), играя роль в развитии костей и хрящей. Среди генов-кандидатов, BMP2 имеет наиболее значимую ассоциацию с длиной туши у свиней [4, 8]. Исследования на курах показали, что ген BMP2 сцепленный с геном HAO1 обладают плеiotропным эффектом и влияет на различные показатели, в том числе на общую площадь и плотность внутрикостной полости, а также живую массу у кур [6]. Также исследования полиморфных вариантов в гене BMP2 показали их связь с размером помета у овец [2, 7], с ростовыми показателями у коз [3], с ростом крупного рогатого скота и характеристиками туши [5, 9].

Целью исследования являлось определение нуклеотидной последовательности кодирующих и регуляторных участков гена BMP2 у домашних и диких северных оленей методом секвенирования по Сэнгеру, выявление вариантов генетического полиморфизма в кандидатном гене BMP2, отвечающем за формирование костной ткани и скелетной мускулатуры, отбор потенциальных вариантов генетического полиморфизма в качестве молекулярно-генетических маркеров, которые могут быть рекомендованы к использованию в практике селекции.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования проводятся в лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ.

Объектом исследований являются дикие и домашние северные олени хозяйств п-ова Таймыр и Эвенкии. Материалом для исследований послужила ДНК, выделенная из крови домашнего северного оленя двух пород - ненецкой (n=20) и эвенкийской (n=20), а также из образцов тканей дикого северного оленя (n=20). У северных оленей для выделения ДНК использовали кровь, полученную из яремной вены, ушные выщипы, а также части мышечной ткани, отстрелянных

диких северных оленей. В качестве антикоагулянта в пробирках для взятия крови присутствовал 200 мМ ЭДТА, образцы тканей фиксировались в 96% этаноле.

Исследовали последовательность гена BMP2 северного оленя, аналог которого у белохвостого оленя имеет протяженность 11864 п.н. и включает в себя три экзона: 1й - 2030 п.н., 2й - 345 п.н., и 3й - 2011 п.н. Праймеры для проведения ПЦР и секвенирования были подобраны с помощью онлайн-инструмента BLAST международной базы генетических данных NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) с использованием референсного генома белохвостого оленя (*Odocoileus virginianus texanus*), поскольку после нескольких попыток китайских ученых [10] отсекуировать и собрать полный геном северного оленя (*rangifer tarandus*) оказалось, что сборка не полная и имеет большое количество ошибок. Сборка, выполненная европейскими учеными [11], отсутствует в свободном доступе. Праймеры были синтезированы (ООО «Синтол»). ПЦР проводили на амплификаторе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США) в следующем режиме: – 95°C; 35 циклов: 95°C – 20 сек., 58-63°C (в зависимости от праймеров) – 20 сек., 72°C - 20 сек.; конечная элонгация 72°C – 5 минут. Полученный амплификат проверяли с помощью электрофореза в 2,0% агарозном геле. Очистка ПЦР-продукта для дальнейшей пробоподготовки перед секвенированием осуществлялась с использованием коммерческого набора для ферментативной очистки продуктов ПЦР ExoSAP-IT Express (Affimetrix, США).

Секвенирование по Сэнгеру полученного ампликона осуществляли с помощью генетического анализатора Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer с использованием коммерческих наборов BigDye® Terminator v3.1 Sequencing Standard Kit (Applied Biosystems) согласно протоколу производителя. Полученные последовательности выравнивали и анализировали с помощью программного обеспечения Mega-6 (<https://www.genecards.org/cgi-bin/carddisp.pl?>



gene=MAGEA6).

Анализ последовательностей секвенированных локусов гена-кандидата *BMP2* проводился в информационном поле международных генетических баз данных NCBI и Ensembl.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

В результате проведенных исследований были определены последовательности первого нетранслируемого и второго экзона гена *BMP2* северных оленей, определены локусы с низкой (1-й экзон) и высокой (2-й экзон) степенью полиморфизма. Так, не смотря на свою большую протяженность - 2030 п.н. против 345 п.н. в экзоне 2 - экзон 1 проявляет более низкий уровень полиморфизма, чем экзон 2, в котором расположены девять из двенадцати обнаруженных в ходе исследования вариантов генетического полиморфизма. Высокий уровень консерватизма столь протяженного региона свидетельствует о его функциональной

значимости, несмотря на то, что экзон 1 является нетранслируемым и выполняет регуляторную функцию. Были выявлены однонуклеотидные несовпадения с референсным геномом белохвостого оленя (*Odocoileus virginianus texanus*), которые могут служить для филогенетического анализа эволюции генов – ортологов, а также для генетической идентификации видовой принадлежности. Выявленные полиморфные локусы были двух типов: инсерции-делеции (in/del-полиморфизм) и единичные нуклеотидные замены (SNP), девять из которых локализуются в кодирующем экзоне 2 и представляют собой как синонимичные мутации, так и миссенс-мутации, приводящие к замене аминокислоты в синтезируемой полипептидной цепи. Из миссенс-мутаций определены наиболее значимые замены в соответствии с изменением не только аминокислотного состава белка, но и химическими свойствами аминокислот (табл. 1).

Таблица 1  
Выявленные полиморфизмы в гене *BMP 2* северного оленя

| Локус        | Полиморфизм | Позиция | Значимость             |
|--------------|-------------|---------|------------------------|
| BMP2 экзон 1 | C > G       | 380779  | Нетранслируемый регион |
| BMP2 экзон 1 | G > C       | 380803  | Нетранслируемый регион |
| BMP2 экзон 1 | IN / DEL    | 300806  | Нетранслируемый регион |
| BMP2 экзон 2 | C > T       | 382484  | Ser (S) – Lys (K)*     |
| BMP2 экзон 2 | C > A       | 382488  | Asp (D) – Glu (E)      |
| BMP2 экзон 2 | C > T       | 382500  | Ser (S) – synonymous   |
| BMP2 экзон 2 | C > G       | 382516  | Lys (K) – Val (V)*     |
| BMP2 экзон 2 | T > G       | 382568  | Val (V) – Gly (G)      |
| BMP2 экзон 2 | T > C       | 382578  | Pro (P) – synonymous   |
| BMP2 экзон 2 | T > C       | 382579  | Tyr (T) – His (H)*     |
| BMP2 экзон 2 | G > A       | 382649  | Arg (R) – Lys (K)      |
| BMP2 экзон 2 | C > T       | 382662  | Leu (L) – synonymous   |

\* - миссенс-мутация приводящая к замене аминокислоты на аминокислоту с альтернативными химическими свойствами

Во всех случаях различия по нуклеотидному составу в кодирующем участке гена *BMP2* северного и белохвостого оленей не приводили к изменению аминокислотного состава белка, то есть являлись синонимичными.

Наиболее значимыми в плане фенотипического проявления и возможной ассоциации с показателями живой массы у северных оленей представляются три полиморфных локуса в первом экзоне, который является транскрибируемым, но не транслируемым участком гена *BMP2* и выполняет регуляторную функцию в процессе созревания матричной РНК и реализации генетической информации в ходе биосинтеза белка. Два из трех выявленных полиморфных локуса в нетранслируемом регионе гена *BMP2* северного оленя являются однонуклеотидными заменами C > G в позициях 380779 и 380803. Третий вариант генетического полиморфизма в экзоне 1 представляет собой in/del-полиморфизм и характеризуется выпадением одного нуклеотида

аденина (А) в позиции 300806. Эти полиморфные локусы можно рассматривать в качестве кандидатных, возможно влияющих на вариабельность проявления признаков продуктивности у северных оленей.

Наиболее значимыми с этой точки зрения на наш взгляд являются однонуклеотидные полиморфизмы в экзоне 2 в позициях 382484 (C > T), 382516 (C > G) и 382579 (T > C) (табл.1, \*), поскольку их несинонимичность проявляется не только в замене аминокислоты в последовательности белковой цепи, но и в том, что изменяемая аминокислота имеет другую химическую природу. Так при замене C > T в позиции 382484 происходит замена аминокислот Ser (S) на Lys (K). При этом серин (Ser) является полярной АК, а лизин (Lys) основной, то есть проявляет щелочные свойства. Изменение amino-

кислоты и, соответственно, химической природы компонента белковой цепи может приводить к нарушению в формировании вторичных и третичных пространственных структур белка, т.к. они формируются за счет химических связей между аминокислотами, обладающими основными или кислотными химическими свойствами, или полярностью. Изменение пространственной структуры белка влечет за собой снижение или полную утрату его функциональных особенностей. К таким же значимым полиморфизмам можно отнести и однонуклеотидные замены в позициях 382516 (C > G) и 382579 (T > C), где замены нуклеотидов являются миссенс-мутациями, и приводят не только к изменению аминокислотного состава белка, но и к изменению химической природы компонентов цепи. Так при замене C > G в позиции 382516 лизин (Lys), имеющий основные свойства изменяется на нейтральный валин (Val), а тирозин (Tyr), обладающий полярностью при замене T > C в позиции 382579 изменяется на гистидин (His), имеющий свойства основания. Изменение компонентов полипептидной цепи, формирующих пространственные структуры белка за счет образования химических связей приведет к нарушениям функций белка.

Таким образом, три последних полиморфных варианта также можно рассматривать в качестве кандидатов на роль молекулярно-генетических маркеров.

По всем выявленным полиморфным локусам были рассчитаны частоты встречаемости аллелей и генотипов в анализируемых популяциях северного оленя – ненецкой и эвенкийской породы, дикий СО (табл. 2).

Анализ научных публикаций показывает, что различные варианты полиморфизма в гене *BMP2* ассоциированы с показателями размера тела у разных видов животных. Было определено, что полиморфизм в гене *BMP2* имеет достоверно значимую ассоциацию с длиной туши свиней [4]. У кур ген *BMP2* находящийся в сцеплении с геном *HAOI* оказывают плейотропное воздействие на многие по-

казатели, в частности на рост и живую массу [7]. Наиболее близкими к северному оленю видами животных, у которых также выявлена связь полиморфизма в гене *BMP2* с показателями живой массы, стали овцы [2] и козы [3]. Можно предположить, что ген *BMP2* ассоциированный с увеличением роста и живой массы, в популяциях, подверженным искусственному отбору по этим показателям, находится под селекционным давлением. Что также подтверждается различием частоты встречаемости аллелей и генотипов (табл.2, рис.2) в породах, контрастных по ростовым и весовым показателям и, соответственно, по живой массе.

Таким образом, ген *BMP2* является одним из вероятных функциональных генов-кандидатов, определяющих показатели размера тела и у северных оленей. Фенотипическую изменчивость по размерам и массе тела различных видов животных могут обуславливать как одиночные нуклеотидные полиморфизмы в кодирующих последовательностях гена *BMP2*, так и делеции/инсерции, приводящие к сдвигу рамки считывания. В наших исследованиях особи из анализируемой популяции диких северных оленей имели низкую частоту встречаемости мутантного аллеля по всем выявленным SNP, а по некоторым позициям полиморфные варианты у диких оленей не встречались вовсе, в том числе и по in/del-полиморфизму (табл.2).

Напротив, у исследованных выборок домашнего северного оленя двух пород – ненецкой и эвенкийской – частота встречаемости альтернативных аллелей по однонуклеотидным полиморфизмам была выше и существенно отличалась от встречаемости в выборке из популяции дикого северного оленя, а также между выборками из двух пород, что может свидетельствовать о наличии селекционного процесса, оказывающего давление на регион гена *BMP2* у домашнего северного оленя.

Ген *BMP2* экспрессируется в основном на эмбриональной стадии и в пост-

**Таблица 2**  
**Частота встречаемости аллелей и генотипов по выявленным полиморфным вариантам в трех популяциях северных оленей**

| Локус          | Полимор-<br>физм | Популяция                                 |                     |                                           |                     |                                           |                     |
|----------------|------------------|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|---------------------|
|                |                  | Эвенкийская                               |                     | Ненецкая                                  |                     | ДСО                                       |                     |
| BMP2<br>382516 | C> G             | CC-0,53<br>CG-0,47<br>GG-0,00             | C-0,76<br>G-0,24    | CC-0,86<br>CG-0,14<br>GG-0,00             | C-0,93<br>G-0,07    | CC-0,80<br>CG-0,20<br>GG-0,00             | C-0,90<br>G-0,10    |
| BMP2<br>382568 | T> G             | TT-0,53<br>TG-0,47<br>GG-0,00             | T-0,76<br>G-0,24    | TT-0,93<br>TG-0,07<br>GG-0,00             | T-0,97<br>G-0,03    | TT-1,00<br>TG-0,00<br>GG-0,00             | T-1,00<br>G-0,00    |
| BMP2<br>382578 | T> C             | TT-0,89<br>TC-0,11<br>CC-0,00             | T-0,95<br>C-0,05    | TT-0,80<br>TC-0,20<br>CC-0,00             | T-0,90<br>C-0,10    | TT-0,40<br>TC-0,60<br>CC-0,00             | T-0,70<br>C-0,30    |
| BMP2<br>382579 | T> C             | TT-0,68<br>TC-0,32<br>CC-0,00             | T-0,84<br>C-0,16    | TT-0,86<br>TC-0,14<br>CC-0,00             | T-0,93<br>C-0,07    | TT-1,00<br>TC-0,00<br>CC-0,00             | T-1,00<br>C-0,00    |
| BMP2<br>382649 | G> A             | GG-0,79<br>GA-0,21<br>AA-0,00             | G-0,89<br>A-0,11    | GG-1,00<br>GA-0,00<br>AA-0,00             | G-1,00<br>A-0,00    | GG-1,00<br>GA-0,00<br>AA-0,00             | G-1,00<br>A-0,00    |
| BMP2<br>382662 | T> C             | TT-0,74<br>TC-0,26<br>CC-0,00             | T-0,87<br>C-0,13    | TT-1,00<br>TC-0,00<br>CC-0,00             | T-1,00<br>C-0,00    | TT-1,00<br>TC-0,00<br>CC-0,00             | T-1,00<br>C-0,00    |
| BMP2<br>380779 | C> G             | CC-0,82<br>CG-0,18<br>GG-0,00             | C-0,91<br>G-0,09    | CC-0,67<br>CG-0,33<br>GG-0,00             | C-0,83<br>G-0,17    | CC-0,67<br>CG-0,33<br>GG-0,00             | C-0,83<br>G-0,17    |
| BMP2<br>380803 | G> C             | GG-0,55<br>GC-0,45<br>CC-0,00             | G-0,77<br>C-0,23    | GG-0,67<br>GC-0,33<br>CC-0,00             | G-0,83<br>C-0,17    | GG-0,67<br>GC-0,33<br>CC-0,00             | G-0,83<br>C-0,17    |
| BMP2<br>380806 | IN/DEL           | In/In-0,64<br>In/Del-0,36<br>Del/Del-0,00 | in-0,82<br>del-0,18 | In/In-1,00<br>In/Del-0,00<br>Del/Del-0,00 | in-1,00<br>del-0,00 | In/In-1,00<br>In/Del-0,00<br>Del/Del-0,00 | in-1,00<br>del-0,00 |
| BMP2<br>382484 | C> T             | CC-0,84<br>CT-0,16<br>TT-0,00             | C-0,92<br>T-0,08    | CC-0,80<br>CT-0,20<br>TT-0,00             | C-0,90<br>T-0,10    | CC-1,00<br>CT-0,00<br>TT-0,00             | C-1,00<br>T-0,00    |
| BMP2<br>382488 | A> C             | AA-0,42<br>AC-0,47<br>CC-0,11             | A-0,66<br>C-0,34    | AA-0,53<br>AC-0,27<br>CC-0,20             | A-0,67<br>C-0,33    | AA-0,40<br>AC-0,20<br>AA-0,40             | A-0,50<br>C-0,50    |
| BMP2<br>382500 | C> T             | CC-0,53<br>CT-0,47<br>TT-0,00             | C-0,76<br>T-0,24    | CC-0,93<br>CT-0,07<br>TT-0,00             | C-0,97<br>T-0,03    | CC-1,00<br>CT-0,00<br>TT-0,00             | C-1,00<br>T-0,00    |

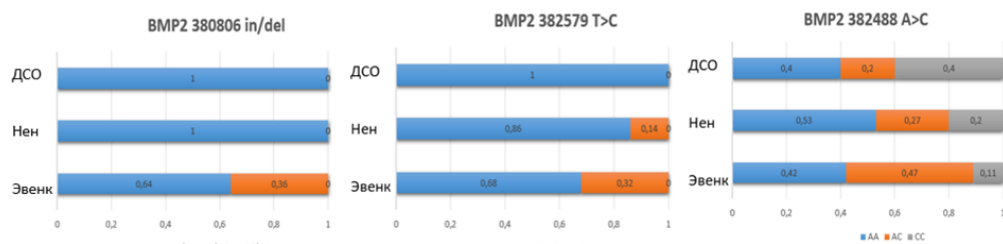


*Рис. 2 Встречаемость генотипов по трем полиморфным вариантам в гене BMP2 в трех исследуемых выборках*

натальный период во время роста и развития организма, обеспечивая дифференцировку клеток и формирование опорно-двигательного аппарата. Существует вероятность увеличения экспрессии гена и выработки белка BMP2 с помощью экзогенных факторов, таких как усиленный рацион, что приводит к увеличению экспрессии практически всех генов, отвечающих за ростовые и массовые показатели. Если избыточная кормовая база будет доступна популяции на протяжении нескольких поколений, то полиморфные варианты в гене *BMP2* будут растиражированы в популяции, и частота их встречаемости существенно увеличится.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Наблюдаемый высокий уровень полиморфизма в определенных локусах тех или иных генов может свидетельствовать о их дестабилизации, что является следствием эволюционных процессов, если говорить о дикой природе, и искусственного отбора, если речь идет о селекции пород животных с целью улучшения продуктивных качеств, а также подтверждать влияние гена с высоким уровнем полиморфизма на формирование селекционируемого признака. Исследования полиморфизма в гене *BMP2* выявило достоверно значимые ассоциации с ростовыми показателями и массой тела у различных видов животных. Исследования, проведенные нами на северных оленях также показали высокий уровень полиморфизма определенных регионов гена *BMP2*, а различия между контрастными по мясной продуктивности породами северного оленя, а также отличие от дикой его формы по частоте встречаемости генотипов по выявленным вариантам генетического полиморфизма может служить подтверждением влияния исследуемого гена *BMP2* на формирование показателей мясной продуктивности, таких как рост и живая масса. Кроме того, выявленные в ходе исследовательской работы значимые миссенс-мутации, приводящие не только к изменению аминокислотного состава синтезируемого полипептида, но и изменению химической

природы замещающих аминокислот, что приведет к изменению вторичной и третичной пространственных структур белка, а, следовательно, к частичной или полной утрате его функциональных особенностей, могут рассматриваться в качестве казуальных мутаций и, при прохождении порога статистической достоверности, получить статус молекулярно-генетических маркеров и использоваться при ведении маркерной селекции в северном оленеводстве.

#### ANALYSIS OF THE BONE MORPHOGENETIC PROTEIN-2 (*BMP2*) GENE POLYMORPHISM IN REINDEER

**Krutikova A.** – PhD, Senior Researcher, Laboratory of Molecular Genetics RRIFAGB (ORCID 0000-0003-2561-145X), **Peglivanyan G.** – PhD student, junior researcher Laboratory of Molecular Genetics RRIFAGB (ORCID 0000-0001-5194-4851) (Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding)

\*anntim2575@mail.ru

**Acknowledgments:** The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (State Order № 121052600352-3).

#### ABSTRACT

The *BMP2* gene of reindeer was study by Sanger sequencing. The *BMP2* gene is involved in the formation of bone tissue and skeletal muscle in mammals. The *BMP2* gene is associated with an increase in height, size, and body weight in productive animals. For the first time, the nucleotide sequence of the coding and regulatory regions of the *BMP2* gene was determined in populations of wild and domestic reindeer.

As a result, a segment of the reindeer *BMP2* candidate gene was sequence, including the first untranslated and second exons. Loci with low (exon1) and high (exon2) degree of polymorphism identified. Single nucleotide mismatches with the reference genome (white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus*) genome) identified, which can be used for phylogenetic analysis of the evolution of orthologue genes, as well as for genetic identification



of species. Twelve polymorphic loci of two types were identified: in/del and SNP. The most significant substitutions were also determined in accordance with the change in the amino acid composition of the protein and the chemical properties of the replaced amino acids. Calculations were made of the occurrence of genotypes and alleles according to the identified variants of genetic polymorphism in the analyzed populations of reindeer (Nenets and Evenk breeds, wild reindeer).

The object of research was wild and domestic reindeer on the farms of the Taimyr Peninsula and Evenkia. The material for the study was DNA isolated by the classical phenol method from the blood of domestic reindeer of two breeds - Nenets (n=20) and Evenki (n=20), as well as from tissue samples of wild reindeer (n=20).

The aim of the study was to search for and select potential variants of genetic polymorphism in the *BMP2* gene as molecular genetic markers that can be recommend for use in the practice of reindeer breeding to increase meat productivity.

For the first time, the nucleotide sequence of significant regions of the reindeer *BMP2* gene was determined. The polymorphic loci in the *BMP2* gene identified as a result of the studies had differences in the frequency of occurrence of alleles of mutant and wild types in the studied samples of domestic reindeer of the Nenets and Evenk breeds, as well as in the sample of wild reindeer. Differences in occurrence indicate the effect of selection factors on the region of the *BMP2* gene. The revealed genetic variability of the studied region in reindeer breeds contrasting in productivity is a preliminary confirmation of the influence of genetic polymorphism in the *BMP2* gene on the variability of phenotypes in terms of height and weight indicators. Indicators of growth and live weight are key to the formation of the meat productivity of reindeer. The results of studies of the effect of *BMP2* gene polymorphism on growth and weight parameters in other animal species suggest that some of the identified variants of genetic polymorphism in the studied region of the

*BMP2* gene may turn out to be casual mutations that can affect the formation of quantitative traits in domestic reindeer.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Correns, A., Zimmermann, L. A., Baldock, C., & Sengle, G. (2021). BMP antagonists in tissue development and disease. *Matrix biology plus*, 11, 100071. <https://doi.org/10.1016/j.mbplus.2021.100071>
2. Zhang, Z., Liu, Q., Di, R., Hu, W., Wang, X., He, X., Ma, L., & Chu, M. (2019). Single nucleotide polymorphisms in *BMP2* and *BMP7* and the association with litter size in Small Tail Han sheep. *Animal reproduction science*, 204, 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.04.001>
3. Xingtang F., Xu H., Zhang C., Zhang J., Lan X., Gu C., Chen H. Polymorphisms in *BMP2* gene and their associations with growth traits in goats (2010). *Genes and Genomics* 32(1):29-35 DOI: 10.1007/s13258-010-0762-6
4. Li, J., Peng, S., Zhong, L., Zhou, L., Yan, G., Xiao, S., ... & Huang, L. (2021). Identification and validation of a regulatory mutation upstream of the *BMP2* gene associated with carcass length in pigs. *Genetics Selection Evolution*, 53(1), 1-13
5. Randhawa I. A., Khatkar M. S., Thomson P. C. and Raadsma H. W. Composite selection signals for complex traitsexemplified through bovine stature using multi-breed cohorts of European and African *Bos taurus*. 2015,G3 5, 1391–1401
6. Liu, R., Sun, Y., Zhao, G., Wang, H., Zheng, M., Li, P., ... & Wen, J. (2015). Identification of loci and genes for growth related traits from a genome-wide association study in a slow- $\times$  fast-growing broiler chicken cross. *Genes & Genomics*, 37, 829-836.
7. Kijas, J. W. (2014). Haplotype-based analysis of selective sweeps in sheep. *Genome*, 57(8), 433-437
8. Rubin, C. J., Megens, H. J., Barrio, A. M., Maqbool, K., Sayyab, S., Schwochow, D., Andersson, L. (2012). Strong signatures of selection in the domestic pig genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(48), 19529-19536

9. Weikard, R., Altmaier, E., Suhre, K., Weinberger, K. M., Hammon, H. M., Albrecht, E., Kühn, C. (2010). Metabolomic profiles indicate distinct physiological pathways affected by two loci with major divergent effect on *Bos taurus* growth and lipid deposition. *Physiological genomics*, 42(2), 79-88
  10. Taylor R.S., Horn R.L., Zhang X., Golding G.B., Manseau M., Wilson P.J. The Caribou (*Rangifer tarandus*) Genome. *Genes*, 2019, 10 (7): 540
  11. Weldenegodguad M., Pokharel K., Ming Y., Honkatukia M., Peippo J., Reilas T, Røed K.H., Kantanen J. OP149 Sequencing of reindeer (*Rangifer tarandus*) genomes: Insights into evolution, domestication, and adaptation.. *Proc. of the 37th International Conference on Animal Genetics*, Lleida, Spain, 2019: 42.
- REFERENCES**
1. Correns, A., Zimmermann, L. A., Baldock, C., & Sengle, G. (2021). BMP antagonists in tissue development and disease. *Matrix biology plus*, 11, 100071. <https://doi.org/10.1016/j.mbps.2021.100071>
  2. Zhang, Z., Liu, Q., Di, R., Hu, W., Wang, X., He, X., Ma, L., & Chu, M. (2019). Single nucleotide polymorphisms in BMP2 and BMP7 and the association with litter size in Small Tail Han sheep. *Animal reproduction science*, 204, 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.04.001>
  3. Xingtang F., Xu H., Zhang C., Zhang J., Lan X., Gu C., Chen H. Polymorphisms in BMP2 gene and their associations with growth traits in goats (2010). *Genes and Genomics* 32(1):29-35 DOI: 10.1007/s13258-010-0762-6
  4. Li, J., Peng, S., Zhong, L., Zhou, L., Yan, G., Xiao, S., ... & Huang, L. (2021). Identification and validation of a regulatory mutation upstream of the BMP2 gene associated with carcass length in pigs. *Genetics Selection Evolution*, 53(1), 1-13
  5. Randhawa I. A., Khatkar M. S., Thomson P. C. and Raadsma H. W. Composite selection signals for complex traitsexemplified through bovine stature using multi-breed cohorts of European and African *Bos taurus*. 2015, *G3* 5, 1391–1401
  6. Liu, R., Sun, Y., Zhao, G., Wang, H., Zheng, M., Li, P., ... & Wen, J. (2015). Identification of loci and genes for growth related traits from a genome-wide association study in a slow× fast-growing broiler chicken cross. *Genes & Genomics*, 37, 829-836.
  7. Kijas, J. W. (2014). Haplotype-based analysis of selective sweeps in sheep. *Genome*, 57(8), 433-437
  8. Rubin, C. J., Megens, H. J., Barrio, A. M., Maqbool, K., Sayyab, S., Schwochow, D., Andersson, L. (2012). Strong signatures of selection in the domestic pig genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(48), 19529-19536
  9. Weikard, R., Altmaier, E., Suhre, K., Weinberger, K. M., Hammon, H. M., Albrecht, E., Kühn, C. (2010). Metabolomic profiles indicate distinct physiological pathways affected by two loci with major divergent effect on *Bos taurus* growth and lipid deposition. *Physiological Genomics*, 42(2), 79-88
  10. Taylor R.S., Horn R.L., Zhang X., Golding G.B., Manseau M., Wilson P.J. The Caribou (*Rangifer tarandus*) Genome. *Genes*, 2019, 10(7):540
  11. Weldenegodguad M., Pokharel K., Ming Y., Honkatukia M., Peippo J., Reilas T, Røed K.H., Kantanen J. OP149 Sequencing of reindeer (*Rangifer tarandus*) genomes: Insights into evolution, domestication, and adaptation. *Proc. of the 37th International Conference on Animal Genetics*, Lleida, Spain, 2019: 42.

УДК 619:574.3

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.171

## ЭКОЛОГО-ИХТИОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЮЖНОЙ АКВАТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Романов А.Ю. \* – аспирант, Аршаница Н.М. – к.б.н., в.н.с.,

Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского  
института рыбного хозяйства и океанографии. («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга)

\*negan94@yandex.ru

**Ключевые слова:** Ладожское озеро, южная акватория, рыбохозяйственное значение, токсикоз, металлы, профилактика.

**Keywords:** Ladoga Lake, southern water area, fishery value, toxicosis, metals, prevention.

Поступила: 07.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Южная акватория Ладожского озера, включающая три губы (Шлиссельбургскую, Волховскую и Свирскую) является местом нереста, нагула и промысла основных видов рыб. Гидрологические особенности губ – мелководность и наличие обширных литоральных зон, делает их особенно подверженными воздействию загрязняющих веществ, поступающих различными путями – аэрогенным, с поверхностным стоком и сточными водами. Результаты исследования рыб показали, что они массово поражены токсикозами, нарушено их естественное воспроизводство, что оказывает воздействие на состояние их популяций и структуру рыбного населения в целом. Рыбы являются интегральными биоиндикаторами качества вод, их состояние позволяет оценить уровень загрязнения отдельных акваторий. Показано, что уровень загрязнения южной акватории озера практически не изменился за последние десятилетия, что связано с наличием источников загрязнения и поступлением загрязняющих веществ аэрогенным путем и с поверхностным стоком. Некоторое улучшение экологического состояния и повышение рыбохозяйственного потенциала южной акватории связано с проведением природоохранных мероприятий, заводским воспроизводством рыб и мелиорацией нерестилищ.

### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одной из проблем XXI века в мировом масштабе является проблема качества пресной воды. Загрязнение оказало влияние на рыбопродуктивность пресноводных водоемов, в том числе, Ладожского озера.

Ладожское озеро является крупнейшим водоемом Европы с огромным запасом пресной воды – 838 км<sup>3</sup>. Площадь водосбора равна 18135 км<sup>2</sup>, максимальная глубина – 230 м, средняя – 46,9, период водообмена – 11 лет.

Район водосбора Ладожского озера характеризуется высоким уровнем экономического развития с концентрацией производства выше общеевропейского и таким образом аккумулирует все последствия хозяйственной деятельности на его огромном водосборном бассейне, где развита промышленность и сельское хозяйство [6].

Особо следует отметить значение Ладожского озера как единственного и безальтернативного источника снабжения питьевой водой мегаполиса – г. Санкт-

Петербурга.

Обширность водосбора в сочетании с избыточным увлажнением обуславливает формирование больших объемов поверхностного стока, что оказывает значительное воздействие на токсикологическую обстановку в озере, так как основные и наиболее опасные загрязняющие вещества (металлы и другие стойкие токсиканты) поступают не только с притоками, но и с загрязненным поверхностным стоком. Различные токсиканты поступают и аэрогенным путем – как непосредственно на акваторию озера, так и на водосбор [7, 16].

Так, в настоящее время только с водами выпадающих в озеро рек ежегодно поступает 4620 т. (тонн) железа, алюминия – 10600 т, марганца – 5100 т., меди 500 т., кобальта – 180 т., свинца – 170 т., цинка – 1080 т. и др. Указанные металлы были обнаружены в воде, донных отложениях, атмосферных осадках и рыбах, нередко в количествах, превышающих нормативы их содержания [5, 19, 23].

Рыбохозяйственное значение Ладожского озера весьма значительно, так как уловы рыб в отдельные годы достигали 6900 т. Нагул и нерест рыб происходит преимущественно в относительно мелководных районах южной части Ладоги, включая Шлиссельбургскую, Волховскую и Свирскую губы, с обширными литоральными зонами. Мелководный район охватывает прибрежную зону до глубин 18 м. Это самый большой по площади район (5550 км<sup>2</sup>), в котором сосредоточено только 5,5% (46,3 км<sup>3</sup>) объема воды озера. Удаленность границы этой акватории от берега – от 4 до 62 км [11, 18].

Особое экологическое значение в условиях Ладожского озера имеет литоральная зона, максимальная глубина которой достигает 8,4 м; ее площадь – 2543 км<sup>2</sup>, а объем водной массы – 9,67 км<sup>3</sup>. Она в наибольшей степени подвержена антропогенному воздействию – поступлению различными путями загрязняющих веществ и биогенных соединений [8, 11]. Рыбопромысловая зона Ладожского озера, куда входит и литоральная зона, зани-

мает около 50% озера [12], однако до 90% уловов рыб приходится на южную часть Ладожского озера.

Максимум антропогенной нагрузки на Ладожское озеро, активизировавший его эвтрофирование и загрязнение, пришелся на семидесятые годы прошлого столетия. Эти факторы существенно повлияли на экосистему озера, вызвав структурные изменения в сообществах гидробионтов, в том числе в ихтиоценозах [6, 9, 22].

Уже в восьмидесятых годах прошлого столетия загрязнение Ладожского озера достигло высокого уровня, что показали комплексные исследования водной системы: оз. Ильмень – р. Волхов – оз. Ладожское – р. Нева. Токсикозы рыб стали массовым явлением по всей акватории озера, в наибольшей степени они развивались в южной части его акватории, принимающей загрязненные воды рек Волхова и Свири [24].

Загрязнение расположенных здесь нерестилищ нарушило процессы естественного воспроизводства рыб, что отрицательно повлияло как на состояние их отдельных популяций, так и ихтиоценоз в целом. [1, 9, 17, 22, 24].

Рыбы признаны самыми надежными и информативными индикаторами токсикологического загрязнения водоемов [3, 10, 13, 14, 16, 25, 26]. К ним применим патологоанатомический экспресс-метод оценки их состояния, давно и успешно используемый в медицине и ветеринарии. Разработана и применена пятибалльная шкала оценки состояния пораженных токсикозом рыб [2]. Дальнейшие исследования на отдельных акваториях показали, что степень поражения рыб токсикозом сохраняется на высоком уровне, особенно на акватории южной части озера [5].

При проведении нами эколого-токсикологических исследований на акватории южной зоны Ладожского озера, основное внимание было уделено оценке состояния рыб как индикаторных организмов качества вод в сочетании с биотестированием среды их обитания и химико-аналитическими исследованиями.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Биологические и химико-аналитические исследования на южной акватории Ладожского озера проведены в летне-осенний период 2022 г. Отлов рыб и отбор проб произведен на одиннадцати участках акватории. (рис 1).

Индикаторные характеристики рыб оценивались по пятибалльной шкале оценки их состояния [4]:

Биотестирование проб воды и водных вытяжек донных отложений проводили по общепринятой методике в остром и хроническом экспериментах (ФР.1.39.2007.03222).

Химико-аналитическое исследование проб воды, донных отложений, атмосферных осадков и рыб проводили в исследовательской лаборатории продуктов питания и объектов окружающей среды «АНАЛЭКТ» (аттестат аккредитации Рос.Ру.001.МН.38) института токсикологии Минздрава Российской Федерации и лаборатории рыбохозяйственной экологии Санкт-Петербургского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга) на приборе АА – 7000 (Shimadzu) по методикам (ПНДФ..., 2010; М02-2406..., 2013 и М02-902-125, 2005, гидрохимические и гидрологические показатели определяли с помощью зонда Aqua TROLL 500.



Рис. 1 Станции отбора проб в южной акватории Ладожского озера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Результаты патологоанатомического исследования рыб в Волховской губе Ладожского озера показали, что на всех участках отмечено массовое поражение рыб токсикозом, протекающим хронически (таблица 1).

Сопоставляя результаты с аналогичными, полученными летом 2021 г. [20], следует отметить, что поражение рыб в 2022 г., хотя и носило массовый характер, было выражено в меньшей степени. Очевидно, это связано с тем, что исследование в 2021 г. проводилось в начале лета, когда рыбы были ослаблены после зимнего периода, поражение рыб токсикозом было массовым, преобладали особи с повреждениями средней степени тяжести и выше, что объясняется результатами весенних исследований предустьевых акваторий р. Волхов, показавшими высокий уровень загрязнения воды металлами [19], что, вероятно, отразилось на состоянии рыб, как в реке, так и в губе. Исследования 2022 г. проводили в конце лета и осенью – наиболее благоприятный период в жизни рыб.

Отмечено, что в обоих случаях более четко выражено проявление токсикоза у туводных рыб, обитающих в мелководной литоральной зоне, и на акваториях, тяготеющих к источникам загрязнения.

В обоих случаях симптомы токсикоза были связаны с нарушением гемодинамики и последствиями этого процесса в жаберной ткани, печени, почках, желудочно-кишечном тракте и реже в головном мозге.

Произведенное в Волховской губе исследование личинок показало, что токсикозом были поражены до 30% отловленных экземпляров. Значительная часть из них имела такие повреждения, как сколиоз и деформацию головы.

Поражение рыб токсикозом и нарушение естественного воспроизводства в Волховской губе были связаны с выносом загрязняющих веществ рекой и сто-



Таблица 1

**Результаты патологоанатомического исследования рыб  
Волховской губы Ладожского озера в 2022 г.**

| Акватория<br>вылова рыб              | Виды рыб | Количество ис-<br>следованных<br>рыб | Оценка состояния рыб                   |                                              |                                     |
|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
|                                      |          |                                      | Доля пораже-<br>ния токсико-<br>зом, % | Степень выра-<br>женности токсикоза в баллах | Количество экземпляров<br>по баллам |
| 1. 5 км от<br>устья реки<br>Волхов   | лещ      | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
|                                      | судак    | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;3-3,0                         |
|                                      | плотва   | 10                                   | 60                                     | 2-3,0                                        | 4-2,0;2-3,0                         |
|                                      | окунь    | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;3-3,0                         |
| 2. 15 км от<br>устья реки<br>Волхов  | лещ      | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
|                                      | судак    | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
|                                      | плотва   | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 2,0-4;3,0-2                         |
|                                      | окунь    | 10                                   | 40                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
|                                      | чехонь   | 10                                   | 40                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;1-3,0                         |
| 3. Район<br>стоков<br>Сяського ЦБК   | лещ      | 10                                   | 60                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
|                                      | ерш      | 10                                   | 70                                     | 2-3-4,0                                      | 2-2,0;4-3,0;1-4,0                   |
|                                      | плотва   | 10                                   | 60                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;4-3,0                         |
|                                      | окунь    | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;3-3,0                         |
| 4. Район д.<br>Вороново              | лещ      | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
|                                      | судак    | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
|                                      | плотва   | 10                                   | 40                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;1-3,0                         |
|                                      | окунь    | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;2-3,0                         |
| 5. Акватория<br>за пределами<br>губы | судак    | 10                                   | 40                                     | 2-3,0                                        | 3-2,0;1-3,0                         |
|                                      | ерш      | 10                                   | 50                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;3-3,0                         |
|                                      | лещ      | 10                                   | 40                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;2-3,0                         |
|                                      | корюшка  | 10                                   | 30                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;1-3,0                         |
|                                      | рипус    | 10                                   | 30                                     | 2-3,0                                        | 2-2,0;1-3,0                         |

ками Сяського ЦБК, поступлением загрязняющих веществ аэрогенным путем и с поверхностным стоком и степень его выраженности была значительно больше, чем в

Шлиссельбургской губе, где была меньше как доля поражённых рыб, так и доля поражённых токсикозом личинок. Практически аналогичные результаты получены при исследовании Свирской губы. Исследования атмосферных осадков показало наличие всех видов изучаемых металлов и выраженную токсичность проб.

Биотестирование проб воды и водных вытяжек донных отложений показало отсутствие острой токсичности исследованных проб, хроническая была выявлена однократно. Содержание в воде и донных отложениях металлов также в целом оказалось низким. Превышение отмечалось только в воде концентраций меди и мар-

ганца в 2-3 раза. Относительно низкий уровень загрязнения Шлиссельбургской губы и воздействия этого фактора на рыб, объясняется гидрологическими особенностями губы, наличием мощного стокового течения, обеспечивающего поступления более чистой воды из центра озера [21].

Результаты биотестирования воды и донных отложений дают основание считать этот метод оценки качества воды менее показательным, чем оценка загрязнения по состоянию рыб, что связано с гидрологическими особенностями губы – высокой проточностью и характером донных отложений.

Рассматривая результаты исследования рыб как индикаторных организмов качества вод южной акватории Ладожского озера, нельзя не согласиться с мнением специалистов, что рыбы приобрета-

ют все большее значение в этом качестве, так как они чувствительны к антропогенным воздействиям и прежде всего к токсическому на биохимическом, клеточном и организменном уровне, что сказывается на их воспроизводстве с дальнейшими последствиями, что и привело к структурной перестройке ихтиофауны в озере [9, 11, 22, 24].

В условиях озера это связано с загрязнением воды, донных отложений и чувствительностью рыб (особенно в период раннего онтогенеза) к токсикантам с пролонгированными последствиями.

Анализируя результаты проведенных исследований, необходимо отметить, что наиболее высокий уровень загрязнения и поражения рыб токсикозом отмечен в Волховской губе, а Шлиссельбургская и Свирская губы загрязнены в меньшей степени [21].

Сопоставляя результаты исследований с аналогичными, проведенными в восьмидесятых годах прошлого столетия, следует отметить снижение уровня загрязнения в Шлиссельбургской губе и незначительное - в Волховской [24].

Мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на южную акваторию озера представляется сложными, дорогостоящими и до конца невыполнимыми, так как все большее значение приобретают неорганизованные источники загрязнения. Следует иметь в виду и рост промышленного и сельскохозяйственного производства.

Снижения антропогенной нагрузки на Волховскую губу можно достичь практическими природоохранными мероприятиями на промышленных предприятиях городов В. Новгорода, Киришей, Волхова, а также Сяського ЦБК.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

Исследования, проведенные на акватории южной части Ладожского озера, имеющей важное рыбохозяйственное значение, показали, что на данной акватории в настоящее время формируются неблагоприятные токсикологические условия, оказывающие выраженное действие на, рыбное население, что проявляется в по-

ражении рыб токсикозом и воздействием на их воспроизводство.

Наибольшее влияние испытывает Волховская губа, менее выраженное - Шлиссельбургская и Свирская. Биотестирование проб воды и донных отложений менее показательны для токсикологической оценки губ ввиду гидрологических особенностей акватории.

Профилактика антропогенного воздействия на южную акваторию озера представляется сложной, дорогостоящей и малоэффективной ввиду неуправляемости процесса поступления загрязняющих веществ и их разнообразия. Существенный эффект на акватории Волховской губы может быть достигнут путем проведения природоохранных мероприятий на промышленных предприятиях городов В. Новгорода, Киришей, Волхова, а также Сяського ЦБК.

Повышение рыбохозяйственного потенциала южной части озера связано с заводским воспроизводством рыб и мелиорацией нерестилищ. Токсическое воздействие загрязнения южной части озера колеблется от слабо до средне выраженного сублетального.

Химико-аналитические методы контроля качества вод оказались малоэффективными, так как в водоем поступает большое количество загрязняющих веществ, и их интегральное воздействие на гидробионты, в частности, на рыб, невозможно оценить аналитическими методами.

#### **ECOLOGICAL AND ICHTHYOTOXICOLOGICAL STATE OF THE SOUTHERN WATER AREA OF LAKE LADOGA**

**Romanov A.Yu.** \* – postgraduate student, **Arshanitsa N.M.** – Candidate of Biological Sciences, leading researcher.

\*negan94@yandex.ru

#### **ABSTRACT**

The southern water area of Lake Ladoga, which includes three lips (Shlisselburgskaya, Volkhovskaya and Svirskaya) is a place of spawning, feeding and fishing of various species of fish. The hydrological features of the lips – shallow

water and the presence of extensive littoral zones, makes them particularly susceptible to pollutants coming in various ways – aerogenic, with surface runoff and wastewater.

The results of the fish study showed that they are massively affected by toxicosis, their natural reproduction is disrupted, which affects the state of their populations and the structure of the fish population as a whole. Fish are integral bioindicators of water quality, their condition allows us to assess the level of pollution of individual water areas. It has shown that the level of pollution of the southern water area of the lake has not changed in recent decades, which is due to the presence of pollution sources and the entry of pollutants by aerogenic means and surface runoff.

Some improvement in the ecological state and increase in the fishery potential of the southern water area is associated with environmental protection measures, factory reproduction of fish and reclamation of spawning grounds.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аршаница, Н.М. Антропогенное влияние на популяцию сигов южной части Ладожского озера / Н.М. Аршаница, Г.В.Федорова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. –1986. – Вып. 257. – С. 75-84.
2. Аршаница, Н.М. Материалы ихтиотоксикологических исследований в бассейне Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 12–23.
3. Аршаница, Н.М. Рыбы, как индикаторы качества вод / Н.М. Аршаница// Материалы всесоюзной конференции «Методология экологического нормирования» – Харьков – 16-20 апреля – 1990. – С. 31–35.
4. Аршаница, Н.М. Патоморфологический анализ в полевых и экспериментальных условиях / Н.М. Аршаница, Л.А. Лесников // Методы ихтиотоксикологических исследований. – 1987. – С. 7–9.
5. Гребцов, М.Р. Сезонные особенности эколого-токсикологического режима Волховской губы Ладожского озера/ М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2013. – № 4. – С. 65–70.
6. Драбкова В.Г. Современное состояние и экологические проблемы Ладожского озера/ В.Г. Драбкова // Сб. научных трудов «Ладожскому озеру надежную защиту». –СПб - 2009. – С. 50–62.
7. Истомин Э.Г. Голубое диво: историко-географический справочник о реках, озерах и болотах Новгородской области / Э.Г. Истомин, Яковлев Э.М. // Л – 1989. – 222 С.
8. Крылова, Ю.В. Оценка экологического состояния литоральной зоны Ладожского озера по результатам исследований 2019 года / Ю.В. Крылова, Е.А. Курашов и др. // Труды Карельского научного центра РАН. – 2022. – № 2. – С. 13–34.
9. Кудерский, Л.А. Избранные труды. – СПб. –Москва. – 2013. – Т. 3. – С. 326
10. Кудерский, Л.А. Рыбы как биологические индикаторы качества вод. Методы ихтиотоксикологических исследований. / Л.А. Кудерский // Тезисы докладов первого всесоюзного симпозиума ихтиотоксикологических исследований – Л. – 1987. – С. 71–73.
11. Курашов, Е.А. Литоральная зона Ладожского озера / Е.А. Курашов. – СПб. : Нестор-История, 2011. – С. 415.
12. Леонов, А.Г. Рыбные ресурсы Ладожского озера и их использование в начале XXI века / А.Г. Леонов, А.Я. Тесля // Исследование больших озер Северо-Запада европейской части России. – СПб. – 2009. – С. 121–136.
13. Лукьяненко, В.И. Экологические аспекты ихтиотксикологии / В.И. Лукьяненко// Агропроимиздат. – Москва. - 1987. – 240 с.
14. Лукин, А.А. Патология рыб как индикатор качества вод бассейна Белого моря /А.А. Лукин, Кашулин Н.А.// Проблемы изучения разнопланового использования и охраны природных ресурсов Белого моря: тез. Доклады V регион.конф. – Петрозаводск – 1992. – С. 3–4.
15. Ладога (Под ред. В.А. Румянцева, С.А. Кондратьева) Нестор-История – СПб – 2013 – т.3. – 256 С.
16. Моисеенко, Т.И. Водная экотоксико-

логия, теоретические и практические аспекты / Т.И. Моисеенко. – Москва : Наука. – 2009. – 399 с.

17. Огородникова В.А. Распределение и численность ранней молоди массовых видов рыб в южной части Ладожского озера / В.А. Огородникова, О.Н. Суслопарова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1995. – Вып. 314. – С. 231–247.

18. Природные ресурсы больших озер СССР и вероятные их изменения (под редакцией О.А. Алекина – Л. – Наука – 1984. – 286С.

19. Романов, А.Ю. Река Волхов как источник загрязнения Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница, и др. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – СПб. – 2021. – № 2. – С. 96–99.

20. Романов, А.Ю. Современный ихтиотоксикологический режим Волховской губы Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница, М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2021. – № 4. – С. 103–108.

21. Романов, А.Ю. Современный эколого-ихтиотоксикологическое состояние Шлиссельбургской губы Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница, Н.М. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2023. – № 1. – С. 128–135

22. Румянцев, В.А. Формирование качества воды Ладожского озера в современных условиях, как основа его рыбных ресурсов. Исследования по ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века / В.А. Румянцева // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 2007. – Вып. 337. СПб. – Москва – С. 472 – 483.

23. Семенов В.В. Химическое загрязнение поверхностных водоемов России / В.В. Семенов, Перевозников М.А. и др. // Нестор-История – СПб – 2014 – 254 С.

24. Федорова, Г.В. Действие антропогенных факторов на разные звенья экосистемы бассейна Ладожского озера / Г.В. Федорова, Аршаница Н.М. // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 3–11.

25. Atrill M. J., Depledge M. H. Community and population indicators of ecosystem health: Targeting links between levels of biological organization. *Aquatic Toxicology*, 1997, vol. 38, iss. 1–3, pp. 183–197.

26. Whitfield AK, Elliott M. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future // *J/Fish Biol.*, 2022 – V/ 61. – P. 229 –250.

## REFERENCES

1. Arshanitsa, N.M. Anthropogenic influence on the whitefish population of the southern part of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa, G.V. Fedorova // *Sat. scientific works of GosNIORKh.* –1986. - I. 257. - S. 75-84. (in Russ.)

2. Arshanitsa, N.M. Materials of ichthyotoxicological studies in the basin of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa // *Sat. scientific works of GosNIORKh.* - 1988. - Issue. 285. - P. 12-23. (in Russ.)

3. Arshanitsa, N.M. Fish as indicators of water quality / N.M. Arshanitsa // *Proceedings of the All-Union Conference "Methodology of environmental regulation"* - Kharkov - April 16-20 - 1990. - P. 31-35. (in Russ.)

4. Arshanitsa, N.M. Pathological analysis in field and experimental conditions / N.M. Arshanitsa, L.A. Lesnikov // *Methods of ichthyotoxicological research.* - 1987. - P. 7–9. (in Russ.)

5. Grebtsov, M.R. Seasonal features of the ecological and toxicological regime of the Volkhov Bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // *Issues of legal regulation in veterinary medicine.* - 2013. - No. 4. - P. 65–70. (in Russ.)

6. Drabkova V.G. Current state and environmental problems of Lake Ladoga / V.G. Drabkova // *Sat. scientific papers "Reliable protection for Lake Ladoga".* - St. Petersburg - 2009. - P. 50–62. (in Russ.)

7. Istomin E.G. Goluboe divo: historical and geographical reference book on rivers, lakes and swamps of the Novgorod region / E.G. Istomin, Yakovlev E.M. // *L.* - 1989. - 222 p. (in Russ.)

8. Krylova Yu.V. Assessment of the ecological state of the littoral zone of Lake Ladoga

- based on the results of research in 2019 / Yu.V. Krylova, E.A. Kurashov and others // Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2022. - No. 2. - P. 13–34. ( in Russ.)
9. Kudersky, L.A. Selected works. - St. Petersburg. -Moscow. - 2013. - T. 3. - P. 326 ( in Russ.)
10. Kudersky, L.A. Fish as biological indicators of water quality. Methods of ichthyotoxicological research. / L.A. Kudersky // Abstracts of the reports of the first all-Union symposium of ichthyotoxicological research - L. - 1987. - P. 71–73. ( in Russ.)
11. Kurashov, E.A. Littoral zone of Lake Ladoga / E.A. Kura-shov. - St. Petersburg. : Nestor-History, 2011. - P. 415. ( in Russ.)
12. Leonov, A.G. Fish resources of Lake Ladoga and their use at the beginning of the XXI century / A.G. Leonov, A.Ya. Teslya // Study of large lakes in the North-West of the European part of Russia. - St. Petersburg. - 2009. - P. 121-136. ( in Russ.)
13. Lukyanenko, V.I. Ecological aspects of ichthyotoxicology / V.I. Lukyanenko // Agropromizdat. - Moscow. - 1987. - 240 p. ( in Russ.)
14. Lukin, A.A. Fish pathology as an indicator of water quality in the White Sea basin / A.A. Lukin, Kashulin N.A.// Problems of studying the diverse use and protection of natural resources of the White Sea: abstract. Reports V regional.conf. - Petrozavodsk - 1992. - P. 3-4. ( in Russ.)
15. Ladoga (Edited by V.A. Rumyantsev, S.A. Kondratiev) Nestor-History - St. Petersburg - 2013 - V.3. – 256 p. ( in Russ.)
16. Moiseenko, T.I. Water ecotoxicology, theoretical and practical aspects / T.I. Moiseenko. - Moscow: Science. - 2009. - 399 p. ( in Russ.)
17. Ogorodnikova V.A. Distribution and abundance of early juveniles of mass fish species in the southern part of Lake Ladoga / V.A. Ogorodnikova, O.N. Susloparov // Sat. scientific works of GosNIORKh. - 1995. - I. 314. - P. 231-247. ( in Russ.)
18. Natural resources of large lakes of the USSR and their probable changes (edited by O.A. Alekin - L. - Nauka - 1984. – 286p. ( in Russ.)
19. Romanov, A.Yu. The Volkhov River as a source of pollution of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, et al. // Questions of legal regulation in veterinary medicine. - St. Petersburg. - 2021. - No. 2. - P. 96 –99. ( in Russ.)
20. Romanov, A.Yu. Modern ichthyotoxicological regime of the Volkhov Bay of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, M.R. Grebtsov, A.A. Stekolnikov and others// International Veterinary Bulletin. - St. Petersburg. - 2021. - No. 4. - P. 103-108. ( in Russ.)
21. Romanov, A.Yu. Modern ecological and ichthyotoxicological state of the Shlisselburg Bay of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, N.M.// International Veterinary Bulletin. - St. Petersburg. - 2023. - No. 1. - P. 128-135 ( in Russ.)
22. Rumyantsev, V.A. Formation of the water quality of Lake Ladoga in modern conditions as the basis of its fish resources. Research on ichthyology and related disciplines in inland waters at the beginning of the XXI century / V.A. Rumyantsev // Sat. scientific works of GosNIORKh. - 2007. - I. 337. St. Petersburg. - Moscow - P. 472-483. ( in Russ.)
23. Semenov V.V. Chemical pollution of surface water bodies in Russia / V.V. Semenov, Perevoznikov M.A. etc.// Nestor-History - St. Petersburg - 2014 - 254 p. ( in Russ.)
24. Fedorova, G.V. The effect of anthropogenic factors on different parts of the ecosystem of the Ladoga Lake basin / G.V. Fedorova, Arshanitsa N.M. // Sat. scientific works of GosNIORKh. - 1988. - Issue. 285. - P. 3-11. ( in Russ.)
25. Attrill M. J., Depledge M. H. Community and population indicators of ecosystem health: Targeting links between levels of biological organization. Aquatic Toxicology, 1997, vol. 38, iss. 1–3, pp. 183–197
26. Whitfield AK, Elliott M. Fishes as indicators of environmental and eco-logical changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future // J/Fish Biol., 2022 - V/ 61. - P. 229 - 250.



УДК: 619:574.3  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.179

## СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-ИХТИОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СВИРСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Романов А.Ю. \* – аспирант, Аршаница Н.М. – к.б.н., вед. н.с.,  
Екимова С.Б. – главный специалист  
Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского  
института рыбного хозяйства и океанографии (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга)

\*negan94@yandex.ru

**Ключевые слова:** Свирская губа, литораль, загрязнения, ихтиофауна, токсикоз, металлы, вода, донные отложения, уровень загрязнения

**Keywords:** Svirskaya bay, littoral, pollution, ichthyofauna, toxicosis, metals, water, bottom sediments, pollution level

Поступила: 20.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Значительная часть акватории губы представлена мелководной литоралью, которая характеризуется наибольшим биоразнообразием и биопродуктивностью. Примерно около 90% бентосных организмов, известных для Ладожского озера, являются обитателями литоральной зоны. Литораль и тяготеющие к ней акватории являются местом нереста и нагула всех видов рыб, обитающих в озере. Свирская губа Ладожского озера расположена в юго-восточной части акватории озера. Её площадь – составляет 260 км<sup>2</sup>. Настоящее исследование на акватории Свирской губы с оценкой состояния ихтиофауны проведено в летний период 2022 г., а предыдущее – в восьмидесятые годы прошлого столетия. В статье представлены материалы биологических и химико-аналитических исследований в Свирской губе Ладожского озера, имеющей важное рыбохозяйственное значение. Показано эколого-ихтиотоксикологическое состояние исследованной акватории и важнейшее значение ихтиофауны в оценке состояния отдельных её участков. Так, мелководная литоральная зона оказалась более загрязненной по сравнению с более удаленной от побережья и более углубленной южной частью озера. Более высокий уровень загрязнения литорали, занимающей значительную часть ее акватории, отрицательно сказался на ихтиофауне водоёма и на её воспроизводстве, особенно на запасы ценных видов рыб, и структуры ихтиоценоза озера в целом. Результаты исследований также показали, что состояние губы в целом несколько улучшилось по сравнению с восьмидесятыми годами прошлого столетия, когда проводились последние ихтиотоксикологические исследования на данной акватории.

Учитывая состояние ихтиофауны и другие показатели проведенного исследования, уровень загрязнения Свирской губы Ладожского озера можно охарактеризовать как слабо выраженный сублетальный.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Свирская губа Ладожского озера расположена в юго-восточной части акватории озера. Её площадь – составляет 260 км<sup>2</sup> (см. рисунок). Значительная часть акватории губы представлена мелководной литоралью, которая характеризуется наибольшим биоразнообразием и биопродуктивностью. Примерно около 90% бентосных организмов, известных для Ладожского озера, являются обитателями литоральной зоны. Литораль и тяготеющие к ней акватории являются местом нереста и нагула всех видов рыб, обитающих в озере [1, 2]. В то же время литоральная зона первая испытывает на себе воздействие антропогенных факторов, включая поступление различными путями (сточные воды, поверхностный сток, из атмосферы) загрязняющих веществ и биогенных соединений. Это связано с мелководностью, малым объемом воды и кратностью разбавления. Комплексные исследования на акватории Ладожского озера, включая последние, наглядно показали это [3].

Максимальная глубина литоральной зоны Ладожского озера примерно 8,4 м, площадь – 2543 км<sup>2</sup>, а объем водной массы – 9,67 км<sup>3</sup>, тогда как площадь акватории озера – 17678 км<sup>2</sup>, а объем воды – 838 км<sup>3</sup> [4].

Исходя из этих величин следует, что по площади литоральная зона составляет одну седьмую часть озера, а по объему воды меньше в десятки раз.

Прибрежная литоральная зона озера – это зона значительной гидродинамической активности, волнение генерирует целый комплекс течений (градиентные, энергетические, разрывные, стоковые), что способствует выносу загрязняющих веществ в открытую часть озера [5].

На основании изложенного, изучение эколого-ихтиотоксикологического состояния литоральной зоны, особенно ее южной части, где расположены акватории Шлиссельбургской, Волховской и Свирской губ с их обширными литоральными зонами, приобретает важное значение.

Настоящее исследование на аквато-

рии Свирской губы с оценкой состояния ихтиофауны проведено в летний период 2022 г., а предыдущее – в восьмидесятые годы прошлого столетия [6].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Биологические и химико-аналитические исследования проведены на четырех акваториях губы (см. рисунок), две из которых в литоральной зоне.

Особое внимание было уделено оценке состояния рыб как основных индикаторных организмов оценки качества вод с рыбохозяйственных позиций.

Оценка состояния рыб проводилась по пятибалльной шкале [7]. Биотестирование проб воды и элютриатов донных отложений проводили по общепринятой методике в остром и хроническом экспериментах (ФР.1.39.2007.03222). Химико-аналитические исследования проб воды и донных отложений на металлы выполнены в лаборатории рыбохозяйственной экологии Санкт-Петербургского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ГосНИОРХ им. Л.С. Берга) на приборе АА. – 7000 (Shimadzu) по методикам (ПНДФ..., 2010; М02-2406..., 2013 и М02-902-125, 2005) в соответствии с утвержденными общепринятыми методиками, гидрохимические и гидрологические показатели определялись с помощью зонда Aqua TROLL 500.



Рис. 1 – Литоральная зона южной части Ладожского озера (темный цвет); х – станции отлова рыб и отбора проб.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/RESULTS AND DISCUSSION

Патологоанатомическое исследование разных видов рыб Свирской губы показало, что развитие и появление патологического процесса характерно для хронически протекающего токсикоза. Представленные в табл. 1 результаты исследования показывают, что поражение рыб токсикозом носит довольно массовый характер, особенно в литоральной зоне губы (акватории 1, 2), но проявляется в основном в легкой обратимой форме, но более выражено на станциях 1 и 2, где выявлены особи с повреждениями средней степени тяжести.

У исследованных рыб в основе всех патологических процессов лежит расстройство сосудистой системы, что визуально выражено в виде гиперемии, отека, изменения окраски, воспаления и пр.

Наружный осмотр показал повреждение жаберной ткани в виде гиперемии, отека, неравномерности окраски, очагов поверхностного некроза, а также желтушности жаберных крышек у отдельных особей. При вскрытии обнаружены изменения в печени, почках, кишечнике и реже в головном мозге. Выраженность патологического процесса отмечена у рыб мелководной литоральной зоны.

Сопоставляя результаты, полученные в настоящее время, с аналогичными полученными в восьмидесятых годах прошлого столетия, следует отметить – состояние рыб несколько улучшилось [8].

Биотестирование проб воды и донных отложений зафиксировало воздействие загрязняющих веществ в хроническом эксперименте: в двух пробах по одному из критериев токсичности – по плодовитости *Daphnia Magna Straus* на акватории литорали. Исследование в воде нормируемых металлов не выявило превышения нормативного содержания, за исключением незначительного превышения меди и марган-

ца, а содержание их в донных отложениях также было в пределах нормы. Однако количество металлов в литорали было существенно выше (табл. 2).

В таблице 3 представлены материалы некоторых гидрохимических показателей качества воды, которые также оказались в пределах нормы, особенно по таким важным критериям, как содержание растворенного кислорода в воде и величина pH.

Анализируя полученные материалы, необходимо пояснить причину происхождения токсикоза у рыб и воздействия на дафний при биотестировании не только на акватории Свирской губы, но и на других участках южной части Ладожского озера [9]. Хорошо известно, что загрязнение поверхностных вод приобрело глобальный характер с региональными и локальными особенностями и этот процесс стал неуправляемым, так как основные и наиболее опасные токсиканты – металлы и ксенобиотики распространяются аэрогенным путем на большие расстояния. Если металлов насчитывается десятки наименований и на основные из них разработаны ПДК, тогда как количество ксенобиотиков, поступающих в водоемы, исчисляется тысячами и постоянно пополняется новыми, на подавляющее большинство которых нет не только ПДК, но и каких-либо нормативов. [10]. По далеко не полным данным Института озероведения РАН, в Ладожском озере еще в прошлом веке поступало до 600 наименований загрязняющих веществ [11].

Исследование содержания металлов, поступающих в Ладожское озеро аэрогенным путем, показало, что в атмосферных осадках содержание металлов нередко превышает их содержание в воде [12, 13]. Это же еще в большей степени касается как ксенобиотиков, так и других токсикантов органической природы.

Следует полагать, что загрязнение Свирской губы связано с поступлением загрязняющих веществ не из организованных источников (сточные воды), а

аэрогенным путем и с загрязненным поверхностным стоком, тогда как на соседней акватории (Волховская губа) доминирует загрязнение, поступающее со сточными водами и аэрогенным путем из местных источников загрязнения [11, 14, 15, 16].

Проведенные исследования на акватории Свирской губы Ладожского озера показали, что биологические критерии качества вод оказались более результативными по сравнению с химико-аналитическими, и особенно это относится к рыбам как к чувствительным организмам, способным в течение продолжительного жизненного цикла накапливать патологическую информацию. [17, 18, 19, 20,]. Совокупное воздействие

загрязняющих веществ, включая металлы, является причиной их воздействия на ихтиофауну, это проявляется на всех этапах жизненного цикла рыб и особенно в период раннего онтогенеза. Массовое поражение рыб токсикозом, протекающим хронически, наблюдаемое на акватории озера начиная с восьмидесятых годов прошлого столетия, загрязнение нерестилищ рыб и нарушение естественного воспроизводства [21, 22, 23, 25, 26] сказались не только на запасах и уловах рыб в озере, но также и на качественном сдвиге в сторону доминирования видов с коротким жизненным циклом (корюшки, ряпушки) и практически приостановило промысловый вылов лосося и сига [27, 28, 29, 30].

Таблица 1

Результаты патологоанатомического исследования рыб  
Свирской губы Ладожского озера (лето 2022 г.)

| Акватория<br>вылова<br>рыб<br>(станции)             | Виды рыб | Количество<br>исследован-<br>ных рыб | Оценка состояния рыб                    |                                                    |                                          |
|-----------------------------------------------------|----------|--------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                                     |          |                                      | Процент<br>поражения<br>токсико-<br>зом | Степень вы-<br>раженности<br>токсикоза в<br>баллах | Количество экзем-<br>пляров<br>по баллам |
| 1. Лито-<br>ральная<br>зона                         | Лещ      | 10                                   | 50                                      | 2-3,0                                              | 2,0-3; 3,0-3                             |
|                                                     | Плотва   | 10                                   | 70                                      | 2-3,0                                              | 2,0-4; 3,0-3                             |
|                                                     | Окунь    | 10                                   | 60                                      | 2-3,0-4,0                                          | 2,0-3; 3,0-2-4,0-1                       |
|                                                     | Уклея    | 10                                   | 40                                      | 2,0                                                | 2,0-4                                    |
| 2. Лито-<br>ральная<br>зона                         | Лещ      | 10                                   | 60                                      | 2-3,0                                              | 2,0-5; 3,0-1                             |
|                                                     | Плотва   | 10                                   | 50                                      | 2,0                                                | 2,0-5                                    |
|                                                     | Окунь    | 10                                   | 60                                      | 2-3,0                                              | 2,0-4; 3,0-2                             |
|                                                     | Судак    | 10                                   | 50                                      | 2,0                                                | 2,0-5                                    |
|                                                     | Ерш      | 10                                   | 60                                      | 2-3,0                                              | 2,0-2; 3,0-4                             |
| 3, 4.<br>За предела-<br>ми лито-<br>ральной<br>зоны | Лещ      | 10                                   | 50                                      | 2-3,0                                              | 2,0-3; 3,0-1                             |
|                                                     | Окунь    | 10                                   | 40                                      | 2,0                                                | 2,0-4                                    |
|                                                     | Судак    | 10                                   | 50                                      | 2,0                                                | 2,0-3                                    |
|                                                     | Корюшка  | 10                                   | 30                                      | 2,0                                                | 2,0-3                                    |

Таблица 2

Концентрация тяжёлых металлов и нефтяных углеводородов, мг/кг,  
в пробах донных отложений, отобранных в Свирской губе  
Ладожского озера (лето 2022 г.)

| Станция                  | Глубина, м | Cd    | Pb   | Cu   | Mn      | НУВ   |
|--------------------------|------------|-------|------|------|---------|-------|
| 1                        | 7,1        | 0,006 | 1,30 | 1,00 | 213,22  | 128,4 |
| 2                        | 8,3        | 0,022 | 1,68 | 1,82 | 353,57  | 121,6 |
| 3                        | 6,4        | 0,233 | 8,42 | 5,09 | 8497,80 | 141,6 |
| 4                        | 22         | 0,089 | 0,78 | 1,37 | 201,73  | 115,2 |
| Ориентировочный норматив |            | 35,0  | 0,35 | 30,0 | 1000,0  | 180   |

Таблица 3

Гидрохимические показатели Свирской губы Ладожского озера (лето 2022 г.)

| Станция | Глубина в метрах | Эл, мкS/см | Минерализация, г/л | [O <sub>2</sub> ], мг/л | % нас., [O <sub>2</sub> ] | pH  | Eh, mV |
|---------|------------------|------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|-----|--------|
| 1       | 7,1              | 94,55      | 0,061              | 11,2                    | 105,7                     | 8,0 | 99     |
| 2       | 8,3              | 84,32      | 0,055              | 11,2                    | 105,5                     | 7,9 | 90     |
| 3       | 6,4              | 47,78      | 0,032              | 10,2                    | 102,3                     | 7,7 | 109    |
| 4       | 22               | 93,81      | 0,061              | 12,0                    | 105,7                     | 7,9 | 111    |

Примечание. Станции 6–8 – литоральные зоны.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Исследования показали, что Свирская губа Ладожского озера, имеющая важное рыбохозяйственное значение как место нереста и нагула ценных видов рыб, испытывает умеренное антропогенное воздействие, более выражено проявляется на акватории литоральной зоны, что сказывается на состоянии обитающих там рыб.

Загрязнение акватории губы связано в основном с поступлением загрязняющих веществ аэрогенным путем и с поверхностным стоком. Результаты исследований на других акваториях озера и анализ специальной литературы дали основание

считать, что более высокий уровень загрязнения литоральной зоны озера в целом способствовал поражению рыб токсикозом с воздействием на их воспроизводство, что в значительной степени привело к сокращению запасов ценных видов рыб и перестройке ихтиоценоза.

Биологические методы контроля качества вод (биоиндикация на рыбах и биотестирование на дафниях) оказались более значимыми по сравнению с химико-аналитическими.

Результаты проведенного исследования дали возможность оценить уровень загрязнения губы как слабо выраженный сублетальный.



**THE CURRENT ECOLOGICAL AND ICHTHYOTOXICOLOGICAL STATE OF THE SVIR BAY OF LAKE LADOGA**

**Romanov A.Yu.** – postgraduate student, **Arshanitsa N.M.** – Candidate of Biological Sciences, leading researcher, **Ekimova S.B.** – main expert

St. Petersburg Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (GosNIORH named after L.S. Berg)

\*negan94@yandex.ru

**ABSTRACT**

A significant part of the water area of the bay is represented by a shallow littoral, which is characterized by the highest biodiversity and bioproductivity. Approximately 90% of benthic organisms known for Lake Ladoga are inhabitants of the littoral zone. The littoral and water areas gravitating towards it are a spawning and feeding place for all fish species living in the lake. The Svir Bay of Lake Ladoga is located in the southeastern part of the lake water area. Its area is 260 km<sup>2</sup>. The present study in the water area of the Svirskaya Bay with an assessment of the state of the ichthyofauna was carried out in the summer of 2022, and the previous one - in the eighties of the last century. The article presents the materials of biological and chemical-analytical studies in the Svir bay of Lake Ladoga, which is of great fishery importance. The ecological and ichthyotoxicological state of the studied water area and the most important importance of the ichthyofauna in assessing the state of its individual sites are shown. Thus, the shallow littoral zone turned out to be more polluted compared to the more remote from the coast and more deepened southern part of the lake. A higher level of pollution of the littoral, which occupies a significant part of its water area, negatively affected the ichthyofauna of the reservoir and its reproduction, which led to an impact on fish stocks, especially valuable species, and the structure of the ichthyocenosis of the lake as a whole. The results of the research also showed that the condition of the lip as a whole has improved somewhat compared to the eighties

of the last century, when the last ichthyotoxicological studies were conducted in this water area.

Taking into account the state of the ichthyofauna and other indicators of the study, the pollution level of the Svir Bay of Lake Ladoga can be characterized as weakly expressed sublethal.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Курашов, Е.А. Литоральная зона Ладожского озера / Е.А. Курашов. – СПб.: Нестор-История, 2011. – 415 с.
2. Кудерский, Л.А. Избранные труды. – СПб. – Москва. – 2013. – Т. 3. – 326 с.
3. Крылова, Ю.В. Оценка экологического состояния литоральной зоны Ладожского озера по результатам исследований 2019 года / Ю.В. Крылова, Е.А. Курашов и др. // Труды Карельского научного центра РАН. – 2022. – № 2. – С. 13–34.
4. Науменко, М.А. Морфометрия и особенности гидрологического режима / М.А. Науменко, С.Г. Каретников // Ладожское озеро: прошлое, настоящее, будущее. – СПб.: Наука, 2002. – С. 16–49.
5. Распопов, И.М. Роль волнения в формировании биоценозов бентоса больших озер / И.М. Распопов, Ф.Ф. Воронцов. – Л.: Наука, 1990. – 114 с.
6. Аршаница, Н.М. Влияние загрязнения на экосистему Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 138.
7. Аршаница, Н.М. Патоморфологический анализ в полевых и экспериментальных условиях / Н.М. Аршаница, Л.А. Лесников // Методы ихтиотоксикологических исследований. – 1987. – С. 7–9.
8. Аршаница, Н.М. Материалы ихтиотоксикологических исследований в бассейне Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 285. – С. 12–23.
9. Романов, А.Ю. Современный ихтиотоксикологический режим Волховской губы Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница, М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2021. – № 4. – С. 103–108.

10. Моисеенко, Т.И. Водная экотоксикология, теоретические и практические аспекты / Т.И. Моисеенко. – Москва: Наука, 2006. – 399 с.
11. Стекольников, А.А. Особенности сезонного эколого-токсикологического состояния реки Волхов / А.А. Стекольников // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – № 3. – С. 236–241.
12. Аршаница, Н.М. Эколого-токсикологическая оценка аэрогенного пути загрязнения рыбохозяйственных водоемов / Н.М. Аршаница, М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников // Ветеринарный врач. – Казань. – 2013. – № 1. – С. 6–9.
13. Аршаница, Н.М. Токсикорезистентность рыб к основным типам загрязняющих веществ / Н.М. Аршаница, Д.С. Беляев, А.А. Стекольников и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2018. – № 3. – С. 110–123.
14. Гребцов, М.Р. К вопросу аэрогенного поступления металлов в Волховскую губу Ладожского озера / М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 2. – С. 374–376.
15. Гребцов, М.Р. Содержание металлов в рыбах Волховской губы Ладожского озера / М.Р. Гребцов // Материалы III Международного конгресса ветеринарных фармакологов и токсикологов. – СПб. – 2014. – С. 72–74.
16. Гребцов, М.Р. Содержание металлов в рыбах Волховской губы Ладожского озера и среде их обитания / М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2013. – № 4. – С. 70–74.
17. Романов, А.Ю. Река Волхов как источник загрязнения Ладожского озера / А.Ю. Романов, Н.М. Аршаница и др. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – СПб. – 2021. – № 2. – С. 96–99.
18. Леонов, А.Г. Рыбные ресурсы Ладожского озера и их использование в начале XXI века / А.Г. Леонов, А.Я. Тесля // Исследование больших озер Северо-Запада европейской части России. – СПб. – 2009. – С. 121–136.
19. Лукьяненко, В.И. Общая ихтиотоксикология / В.И. Лукьяненко. Алхименко, А.П. Ладоге нужен закон об охране труда / А.П. Алхименко, В.А. Румянцев // Ладожскому озеру – надежную защиту. – СПб. : Институт озерадения РАН, 2009. – С. 4–13.
20. Федорова, Г.В. Ихтиоценоз Ладожского озера и его охрана при загрязнении и антропогенном эвтрофировании / Г.В. Федорова // Дис. докт. биол. наук. – М., 1992. – 77 с.
21. Огородникова, В.А. Распределение и численность ранней молодежи массовых видов рыб в южной части Ладожского озера / В.А. Огородникова, О.Н. Суслопарова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1995. – Вып. 314. – С. 231–247.
22. Аршаница, Н.М. Влияние загрязнений на воспроизводство рыб / Н.М. Аршаница, О.А. Ляшенко // Материалы Международной конференции по воспроизводству рыб. – СПб. : Нестор-История, 2010. – С. 12–14.
23. Курашов, Е.А. Воспроизводство рыб и беспозвоночных при воздействии загрязняющих веществ / Е.А. Курашов, Н.М. Аршаница и др. // Международный вестник ветеринарии. – СПб. – 2020. – № 3. – С. 105–115.
24. Румянцев, В.А. Формирование качества воды Ладожского озера в современных условиях, как основа его рыбных ресурсов. / В.А. Румянцев // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 2007. – Вып. 337. СПб. – С. 472–483.
25. Кудерский, Л.А. Избранные труды – СПб. – Москва. – 2017. – Т. 5. – 291 с.
26. Кудерский, Л.А. Рыбы в опасности: некоторые последствия хозяйственной деятельности на внутренних водоемах / Л.А. Кудерский // Сб. научных трудов «Водные биологические ресурсы, воспроизводство и экология гидробионтов». – М., 1982. – Вып. 66. – С. 56–83.
27. Алхименко, А.П. Ладоге нужен закон об охране труда / А.П. Алхименко, В.А. Румянцев // Ладожскому озеру –

надежную защиту. – СПб. : Институт озерадения РАН, 2009. – С. 4–13.

28. Аршаница, Н.М. Антропогенное влияние на популяцию сигов южной части Ладожского озера / Н.М. Аршаница, Г.В. Федорова // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 1986. – Вып. 257. – С. 75–84.

29. Аршаница, Н.М. Использование патологоанатомического и патоморфологического методов для оценки состояния рыб Ладожского озера. Проблемы ихтиологии в начале XXI века / Н.М. Аршаница, Л.С. Онищенко // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. – 2009. – Вып. 338. – С. 11–15.

30. Аршаница, Н.М. Памятная записка о симпозиуме по водной токсикологии (СЭВ) / Н.М. Аршаница. – Л. – 1970. – С. 79–84.

#### REFERENCES

1. Kurashov, E.A. Littoral zone of Lake Ladoga / E.A. Kurashov. – St. Petersburg.: Nestor-History, 2011. – 415 p.
2. Kudersky, L.A. Selected works – St. Petersburg, –Moscow. – 2013. – Vol. 1. 3. – 326 p.
3. Krylova, Yu.V. Assessment of the ecological state of the littoral zone of Lake Ladoga according to the results of research in 2019 / Yu.V. Krylova, E.A. Kurashov et al. // Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2022. – No. 2. – pp. 13–34.
4. Naumenko, M.A. Morphometry and features of the hydrological regime / M.A. Naumenko, S.G. Karetnikov // Lake Ladoga: past, present, future. –St. Petersburg.: Nauka, 2002. – pp. 16–49.
5. Raspopov, I.M. The role of waves in the formation of benthic biocenoses of large lakes / I.M. Raspopov, F.F. Vorontsov. – L.: Nauka, 1990. – 114 p.
6. Arshanitsky, N.M. Influence of pollution on the ecosystem of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1988. – Issue 285. – 138.P.
7. Arshanitsky, N.M. Pathomorphological analysis in field and experimental conditions / N.M. Arshanitsa, L.A. Lesnikov //

methods of ichthyotoxicological studies. – 1987. – pp. 7–9.

8. Arshanitsky, N.M. Materials of ichthyotoxicological studies in the Ladoga Lake basin / N.M. Arshanitsa // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1988. – Issue 285. – pp. 12–23.

9. Romanov, A.Yu. Modern ichthyotoxicological regime of the Volkhov Bay of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa, M.R. Grebtsov, A.A. Stekolnikov et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. – SPb., – 2021. – № 4. – Pp. 103–108.

10. Moiseenko, T.I. Aquatic ecotoxicology, theoretical and practical aspects / T.I. Moiseenko. – Moscow: Nauka, 2006. –399 P.

11. Stekolnikov, A.A. Features of the seasonal ecological and toxicological state of the Volkhov River / A.A. Stekolnikov // issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2014. – No. 3. – pp. 236–241.

12. Arshanitsky, N.M. Ecological and toxicological assessment of the aerogenic pathway of pollution of fishery reservoirs / N.M. Arshanitsa, M.R. Grebtsov, A.A. Stekolnikov // Veterinarian. – Kazan. – 2013. – No. 1. – pp. 6–9.

13. Arshanitsky, N.M. Toxicoresistance of fish to the main types of pollutants / N.M. Arshanitsa, D.S. Belyaev, A.A. Stekolnikov et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. – SPb., – 2018. – № 3. – Pp. 110–123.

14. Grebtsov, M.R. On the issue of aerogenic intake of metals in the Volkhov Bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2015. – No. 2. – pp. 374–376.

15. Grebtsov, M.R. Metal content in Fish of the Volkhov Bay of Lake Ladoga / M.R. Grebtsov // materials of the III International Congress of Veterinary Pharmacologists and Toxicologists. – SPb., – 2014. – pp. 72–74.

16. Grebtsov, M.R. The content of metals in Fish of the Volkhov Bay of Lake Ladoga and their habitats / M.R. Grebtsov // issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2013. – No. 4. – pp. 70–74.

17. Romanov, A.Yu. The Volkhov River as a source of pollution of Lake Ladoga / A.Yu. Romanov, N.M. Arshanitsa et al. // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – SPb., – 2021. – № 2. – Pp. 96-99.
18. Leonov, A.G. Fish resources of Lake Ladoga and their use at the beginning of the XXI century / A.G. Leonov, A.Ya. Teslya // research of large lakes of the North-Western European part of Russia. – St. Petersburg, – 2009. – pp. 121-136.
19. Lukyanenko, V.I. General ichthyotoxicology / V.I. Lukyanenko. Alkhimenko, A.P. Ladoga needs a law On labor protection / A.P. Alkhimenko, V.A. Rummyantsev // Ladoga Lake – reliable protection. – St. Petersburg, : Institute of Lake Science of the Russian Academy of Sciences, 2009. – pp. 4-13.
20. Fedorova, G.V. Ichthyocenosis of Lake Ladoga and its protection during pollution and anthropogenic eutrophication / G.V. Fedorova // Dis. dokt. biol. nauk. – M., 1992. – P. 77.
21. Ogorodnikova, V.A. Distribution and abundance of early young mass fish species in the southern part of Lake Ladoga / V.A. Ogorodnikova, O.N. Susloparova // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1995. – Issue 314. – pp. 231-247.
22. Arshanitsky, N.M. Influence of pollution on fish reproduction / N.M. Arshanitsa, O.A. Lyashenko // Proceedings of the International Conference on Fish Reproduction. – St. Petersburg, : Nestor-History, 2010. – pp. 12-14.
23. Kurashov, E.A. Reproduction of fish and invertebrates under the influence of pollutants. A. Kurashov, N.M. Arshanitsa et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. – SPb., – 2020. – № 3. – Pp. 105-115.
24. Rummyantsev, V.A. Formation of the water quality of Lake Ladoga in modern conditions, as the basis of its fish resources. / V.A. Rummyantseva // Collection of scientific works of GosNIORH. – 2007. – Issue 337. SPB., – pp. 472– 483.
25. Kudersky, L.A. Selected works – SPb. – Moscow. – 2017. – Vol. 1. 5. – 291 p.
26. Kudersky, L.A. Fish in danger: some consequences of economic activity in inland waters / L.A. Kudersky // Collection of scientific papers "aquatic biological resources, reproduction and ecology of aquatic organisms". – M., 1982. – Issue 66. – pp. 56-83.
27. Alkhimenko, A.P. Ladoga we need a law on labor protection / A.P. Alkhimenko, V.A. Rummyantsev // Ladoga Lake – reliable protection. – St. Petersburg, : Institute of Lake Studies of the Russian Academy of Sciences, 2009. – pp. 4-13.
28. Arshanitsky, N.M. Anthropogenic influence on the whitefish population of the southern part of Lake Ladoga / N.M. Arshanitsa, G.V. Fedorova // Collection of scientific works of GosNIORH. – 1986. – Issue 257. – pp. 75-84.
29. Arshanitsky, N.M. The use of pathoanatomic and pathomorphological methods for assessing the condition of fish of Lake Ladoga. Problems of ichthyology at the beginning of the XXI century / N.M. Arshanitsa, L.S. Onishchenko // Collection of scientific works of GosNIORH. – 2009. – Issue 338. – pp. 11-15.
30. Arshanitsky, N.M. A memorandum on the Symposium on Aquatic Toxicology (CMEA) / N.M. Arshanitsa. – L. – 1970. – pp. 79-84.

УДК: 338.439.6:614.97

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.188

## К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ БОЕНСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Орлова Д.А.\*** – к.вет.н., доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, (ORCID 0000-0002-8163-8780), **Калюжная Т.В.** – к.вет.н., доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы (ORCID 0000-0002-8682-1840), **Карпенко Л.Ю.** – д.биол.н., заведующий кафедрой биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-2781-5993), **Редько В.А.** – начальник ГБУ ЛО «СББЖ Ломоносовского района»,

\**diana\_ae@mail.ru*

**Ключевые слова:** мясо, свинина, говядина, ветеринарно-санитарная экспертиза, качество, безопасность, Ленинградская область.

**Keywords:** meat, pork, beef, veterinary and sanitary examination, quality, safety, Leningrad region.

Поступила: 05.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Обеспечение рынка безопасным мясным продовольствием является важнейшей стратегической задачей государства. Ленинградская область в должной мере выходит на лидирующие позиции по наращиванию производства свинины и говядины относительно других регионов. Значительную роль в обеспечении качества и безопасности мяса играет государственная ветеринарная служба, представители которой осуществляют предубойный осмотр животных и послеубойную ветеринарно-санитарную экспертизу продуктов убоя.

Объектом исследования являлись убойные животные – и 1434 голов крупного рогатого скота и 8629 голов свиней, поступающие на переработку на ООО «Агроторг-47» (Ленинградская область), а также полученные от них продукты убоя. Приёмку и переработку убойных животных на предприятии, а также послеубойную ветеринарно-санитарную экспертизу осуществляли в соответствии с Ветеринарными правилами назначения и проведения ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и продуктов убоя (промысла) животных, предназначенных для переработки и (или) реализации (2022 г.).

При послеубойном осмотре продуктов убоя крупного рогатого скота и свиней ветеринарными врачами ООО «Агроторг-47» периодически выявляются патологоанатомические изменения, являющиеся основанием для выбраковки сырья. В лёгких в большом количестве туш обнаруживаются гемаспирации (16%), реже кормовая аспирация (2%). При убое молодняка в редких случаях устанавливали пупочные грыжи (8%) и крипторхизм, особенно у хрячков (13%). При послеубойном осмотре коров в основном фиксировали патологии неинфекционной природы половой системы и вымени: эндометрит (27%), мастит (31%), кисты и атрофия яичников (26%), которые и являлись основанием для выбраковки животных и отправки их на убой.



Благодаря проводимому комплексу требуемых, предписанных Ветеринарными правилами мероприятий при убое животных исключается факт обращения на рынке пищевой продукции, представляющей опасность для здоровья потребителей и благополучия территории в ветеринарно-санитарном отношении.

#### **ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION.**

Обеспечение рынка безопасным продовольствием является важнейшей стратегической задачей государства. Основной сегмент продовольственного рынка составляет мясное сырье, полученное от убоя сельскохозяйственных животных и птицы [1]. В настоящее время в России интенсивно развивается мясное скотоводство, свиноводство и птицеводство, что обеспечивает потребителей в полной мере мясной продукцией [2].

Особым спросом и, соответственно, наращиванием производства пользуется мясо свиней и крупного рогатого скота. Данные виды сельскохозяйственных животных отличаются хорошо развитой мышечной тканью, представляющую особую пищевую ценность [3, 4]. Так, по данным Росстат, объемы производства говядины и свинины за последние пять лет в России составили порядка 3700 и 1650 тыс. тонн в убойном весе соответственно. Помимо выпуска в реализацию охлажденного и замороженного мяса данный вид сырья широко используется в перерабатывающей промышленности. Свинина и говядина является неизменным компонентом колбасных изделий, деликатесных и кусковых мясных продуктов, мясных полуфабрикатов и баночных консервов [5].

По производству мясного продовольствия Ленинградская область в должной мере выходит на лидирующие позиции по наращиванию производства свинины и говядины относительно других регионов. На территории Ленинградской области имеются крупные свиноводческие комплексы, составляющей основу сырьевой базы при производстве свинины, такие как ООО «Идаванг Агро», ООО «Новый свет», АО «Свинокомплекс «Приозерный», АО «Свинокомплекс «Пулковский» и др. Кроме того, структура агропромышленного комплекса региона включает высокую долю крестьянских

фермерских и частных хозяйств.

Неизменным и ключевым фактором при производстве мяса является наращивание мощности предприятий по переработке убойных животных. В то же время, для обеспечения выпуска доброкачественной и безопасной мясной продукции и мясного сырья перерабатывающие предприятия должны соответствовать ветеринарно-санитарным требованиям и осуществлять убой скота, хранение и переработку сырья в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и программы производственного контроля на предприятии [6]. Значительную роль при обеспечении продовольственной безопасности играет государственная ветеринарная служба, представители которой осуществляют предубойный осмотр животных и послеубойную ветеринарно-санитарную экспертизу продуктов убоя [7].

Убойное предприятие ООО «Агроторг-47» располагается на территории Ломоносовского района Ленинградской области. Нами были проведены исследования по оценке эффективности программы производственного контроля, а также мониторинговые работы по выявлению ветеринарной службой недоброкачественного и небезопасного мясного сырья.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

Объектом исследования являлись убойные животные, поступающие на переработку на ООО «Агроторг-47», а также полученные от них продукты убоя. Всего за период 2021-2022 гг. было произведено предубойного и послеубойного осмотра порядка 9000 голов свиней и 1500 голов крупного рогатого скота. Оценка эффективности программы производственного контроля оценивали по проценту выбракованных туш и субпродуктов, а также по показателям безопас-

ности получаемого мясного сырья.

Предубойную и послеубойную экспертизу проводили в соответствии с Ветеринарными правилами назначения и проведения ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и продуктов убоя (промысла) животных, предназначенных для переработки и (или) реализации (2022 г.). Оценку показателей безопасности осуществляли в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013). Применяемые в исследованиях методы являются общепринятыми и регламентируются соответствующими ГОСТ и МУК.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

За период проведения исследовательской работы в 2021-2022 годах на ООО «Агроторг-47» был произведен убой 1434 голов крупного рогатого скота и 8629 голов свиней. Основным поставщиком убойных свиней являлся свиноплекс ООО «Идаванг Агро», Ленинградская область, в меньшей мере другие предприятия агропромышленного комплекса региона АО «Алексино», АО «Заречье» и ООО «ПЗ «Мыслинский» Волховского района; АО «ПЗ «Гомонтово» Волоховского района.

Приёмку убойных животных на предприятии осуществляли по схеме, определяемой Ветеринарными правилами назначения и проведения ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и продуктов убоя (промысла) животных, предназначенных для переработки и (или) реализации (2022 г.). На первом этапе в обязательном порядке производилась проверка сопроводительных документов, оформляемых поставщиком в автоматизированной информационной системе «Меркурий» на партию убойных животных. Наличие данного документа является подтверждением благополучия местности, откуда осуществляется отгрузка убойных животных, а также подтверждает благополучие стада по инфекционным и инвазионным болезням, проведение в соответствии с планом противозoonотических мероприятий профилактических, диагностических и

лечебных мероприятий.

Приемка на убойном предприятии проводится в присутствии ветеринарных врачей. При этом животных подвергают выборочному клиническому осмотру с термометрией. Далее животных размещают на территории предприятия на скотобазе, где они могут содержаться от 12 часов до трёх суток. В этот период при необходимости осуществляется кормление и поение животных, которые прекращают в установленные Правилами сроки до подачи животных на убой.

Технология убоя свиней на данном предприятии подразумевает схему «убой без съёмки шкуры». Убой крупного рогатого скота осуществляется по стандартной схеме.

Оглушение производится посредством электрического тока при помощи электрощипцов. Обескровливание осуществляется открытым способом, сбор крови не проводят, кровь поступает в локальные очистные сооружения. Отделение головы, съёмка шкуры крупного рогатого скота, ошпаривание, снятие щетины и опаливание туш свиней, нутровка, распиловка и зачистка туш осуществляется в соответствии с технологическими инструкциями с соблюдением ветеринарно-санитарных требований на соответствующем оборудовании, а также с привлечением дополнительно ручного труда.

На конвейерной линии по переработке животных организовано четыре точки ветеринарно-санитарной экспертизы. На первой точке предусмотрен послеубойный осмотр головы. Здесь ветеринарный врач осматривает голову на предмет патологоанатомических изменений органов и тканей головы. Осуществляется осмотр и пальпация, при необходимости, разрезы языка, а также разрезы массетеров с целью выявления цистицерков. В обязательном порядке производится осмотр и вскрытие лимфатических узлов головы: околоушных, подчелюстных и заглоточных. При переработке свиней на точке экспертизы головы дополнительно проводится осмотр подчелюстных лимфатических узлов на предмет патологоанатомических изменений.

ческих изменений, характерных для сибирской язвы – фибринозно-некротическое воспаление лимфатических узлов и окружающих тканей.

На точке экспертизы внутренних органов ветеринарным врачом осуществляется осмотр и разрезы органов брюшной и грудной полости: селезенки, лёгких, сердца, печени, почек, кишечника, а также соответствующих им лимфатических узлов.

При экспертизе туши врач осматривает её с целью выявления патологоанатомических изменений на туше, загрязнений, наличия истощения, а также осматривают и вскрывают поверхностные и глубокие лимфатические узлы туши. Каждая свиная туша в обязательном порядке после проведения послеубойного осмотра подвергается исследованию на трихинеллёз микроскопическим или биохимическим методом. В случае выявления хотя бы одной личинки трихинеллы мясо свиней и продукты убоя должны быть уничтожены. За последние 10 лет при проведении на данном предприятии послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизы мяса свиней, личинок трихинеллы выявлено не было.

При ветеринарно-санитарной экспертизе продуктов убоя крупного рогатого скота и свиней ветеринарными врачами ООО «Агроторг-47» периодически выявляются патологоанатомические изменения, являющиеся основанием для выбраковки сырья. В первую очередь в лёгких в большом количестве туш обнаруживаются гемаспирации (16%), реже кормовая аспирация (2%). При убое молодняка в редких случаях обнаруживаются пупочные грыжи (8%) и крипторхизм особенно у хрячков (13%). При послеубойном осмотре коров в основном обнаруживают патологии неинфекционной природы половой системы и вымени: эндометрит (27%), мастит (31%), кисты и атрофия яичников (26%), которые и являлись основанием для выбраковки животных и отправки их на убой.

В рамках мониторинговых исследований по показателям безопасности мяса крупного рогатого скота и свиней, полученного на ООО «Агроторг-47», производился отбор проб на такие показатели как африканская чума свиней, содержание радионуклидов, содержание остаточного количества антибиотиков, а также исследование шкур крупного рогатого скота на сибирскую язву.

Всего в 2021-м 2022-м годах для диагностики инфекционных болезней было отобрано 704 пробы, результаты отрицательные. Нарушений требований технического регламента по содержанию радионуклидов и антимикробных препаратов в результате лабораторных исследований в мясе установлено не было.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

Выпуск доброкачественного и безопасного мясного сырья первоочередно определяется работой ветеринарной службы и ветеринарно-санитарных экспертов. Благодаря проводимому комплексу требуемых, предписанных Ветеринарными правилами мероприятий при убое животных, проведении мониторинговых исследований по критериям, определяемым государственным заданием, исключается факт обращения на рынке пищевой продукции, представляющей опасность для здоровья потребителей и благополучия территории в ветеринарно-санитарном отношении. Учитывая высокий процент выбраковки продуктов убоя, связанных с особенностями технологических процессов и манипуляций во время убоя, а также, являющихся результатом неинфекционной патологии, регулярное проведение мониторинговых лабораторных исследований по диагностике инфекционных болезней, соответствие полученного мясного сырья требованиям безопасности, подтверждают эффективность работы программы производственного контроля на убойном предприятии ООО «Агроторг-47» в части обеспечения продовольственной безопасности.

#### EVALUATION OF THE GOOD QUALITY AND PARASITIC PURITY OF FISH FROM LAKE LADOGA

**Orlova D.A.**\* – PhD of veterinary science, Associate Professor; **Kalyuzhnaya T.V.** – PhD of veterinary science, Associate Professor; **Karpenko L.Yu.**, doctor of biological sciences, Professor; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «SPbSUVM»; **Red'ko V. A.**, Head of the State Budgetary Institution of the Leningrad Region «Station for the Control of Animal Diseases of the Lomonosovsky District».  
\*diana\_ae@mail.ru

#### ABSTRACT

Providing the market with safe meat food is the most important strategic task of the state. The Leningrad region is duly taking the lead in increasing the production of pork and beef relative to other regions.

A significant role in ensuring the quality and safety of meat is played by the state veterinary service, whose representatives carry out pre-slaughter inspection of animals and post-slaughter veterinary and sanitary examination of slaughter products.

The object of the study were slaughter animals - and 1434 heads of cattle and 8629 heads of pigs, supplied for processing at Agrotorg-47 LLC (Leningrad region), as well as slaughter products obtained from them. Acceptance and processing of slaughter animals at the enterprise, as well as post-slaughter veterinary and sanitary examination was carried out in accordance with the Veterinary Rules for the appointment and conduct of veterinary and sanitary examination of meat and products of slaughter (fishing) of animals intended for processing and (or) sale (2022).

During the post-mortem examination of the products of slaughter of cattle and pigs, veterinarians of Agrotorg-47 LLC periodically reveal pathoanatomical changes that are the basis for the rejection of raw materials. In the lungs in a large number of carcasses, hemasperations are found (16%), less often feed aspiration (2%). When slaughtering young animals, in rare cases, umbilical hernias (8%) and cryptorchidism were estab-

lished, especially in boars (13%). During the post-mortem examination of cows, pathologies of the non-infectious nature of the reproductive system and udder were mainly recorded: endometritis (27%), mastitis (31%), cysts and ovarian atrophy (26%), which were the basis for culling animals and sending them for slaughter.

Thanks to the complex of measures required, prescribed by the Veterinary Rules, during the slaughter of animals, the fact of circulation on the market of food products that pose a danger to the health of consumers and the well-being of the territory in veterinary and sanitary terms is excluded.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Оценка влияния применения различных биологически активных добавок в рационе птиц на физико-химические показатели мяса / М. А. Гласкович, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, К. П. Кинаревская // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 2. – С. 54-59. – EDN XRUBLN.
2. Орлова, Д. А. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса утки / Д. А. Орлова, Т. В. Калюжная, Д. С. Барахов // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 99-102. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2021.2.99. – EDN SKLWEZ.
3. Стратонов, А. С. Морфофункциональная характеристика мускулатуры стило- и зейгоподия у свиней породы ландрас в период новорожденности / А. С. Стратонов, М. В. Щипакин // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2016. – № 4. – С. 262-264. – EDN XEDIDN.
4. Стратонов, А. С. Морфометрическая характеристика пояса тазовой конечности у новорождённых свиней породы ландрас и йоркшир / А. С. Стратонов, М. В. Щипакин // Иппология и ветеринария. – 2018. – № 2(28). – С. 104-109. – EDN XTUGXJ.
5. Орлова, Д. А. Оценка микрокартины нативных препаратов мышечной ткани при ветеринарно-санитарной экспертизе мяса / Д. А. Орлова, Т. В. Калюжная, А. В. Дрозд // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – № 2. – С. 62-67. – DOI

10.17238/issn2072-2419.2019.2.62. – EDN WFAIZF.

6. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ЕАЭС 034/2013) [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/499050564?ysclid=lg3iszhkbi291699558>. (дата обращения: 28.02.2023).

7. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 28 апреля 2022 года N 269 «Об утверждении Ветеринарных правил убоя животных и Ветеринарных правил назначения и проведения ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и продуктов убоя (промысла) животных, предназначенных для переработки и (или) реализации» [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/350341002?ysclid=lg3iui167p54439531>. (дата обращения: 28.02.2023).

#### REFERENCES

1. Glaskovich MA, Karpenko LYu, Bakhta AA, Kinarevskaya KP. Evaluation of the influence of the use of various biologically active additives in the diet of birds on the physical and chemical parameters of meat International bulletin of Veterinary Medicine. 2018;2:54-59. [in Russ.]
2. Orlova DA, Kalyuzhnaya TV, Barakhov DS. Veterinary and sanitary examination of duck meat International bulletin of Veterinary Medicine. 2021;2:99-102. DOI 10.17238/issn2072-2419.2021.2.99. [in Russ.]
3. Stratonov AS, Shchipakin MV. Morpho-

functional characteristics of the stylo- and zeugopodium musculature in Landrace pigs in the neonatal period [Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии]. 2016;4:262-264.

4. Stratonov AS, Shchipakin MV. Morphometric characteristics of the pelvic limb girdle in newborn Landrace and Yorkshire pigs [Иппология и ветеринария]. 2018;2(28):104-109.

5. Orlova DA, Kalyuzhnaya TV, Drozd AV. Evaluation of the micropicture of native preparations of muscle tissue during the veterinary and sanitary examination of meat International bulletin of Veterinary Medicine. 2019;2:62-67. DOI 10.17238/issn2072-2419.2019.2.62. [in Russ.]

6. Electronic fund legal and regulatory technical documents. Technical Regulations of the Eurasian Economic Union «On the safety of meat and meat products» (TR EAEU 034/2013) Available from: <https://docs.cntd.ru/document/499050564?ysclid=lg3l17r6rg903416329>. [Accessed February 28, 2023].

7. Electronic fund legal and regulatory technical documents. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of April 28, 2022 N 269 «On approval of the Veterinary rules for slaughter of animals and the Veterinary rules for the appointment and conduct of veterinary and sanitary examination of meat and products of slaughter (fishing) of animals intended for processing and (or) sale» Available from: <https://docs.cntd.ru/document/350341002?ysclid=lg3iui167p54439531>. [Accessed February 28, 2023].



УДК: 619:579.835:637

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.194

## ОБНАРУЖЕНИЕ ДНК БАКТЕРИЙ РОДА *HELICOBACTER* В МЯСЕ СВИНЕЙ

**Поздеев О.К.** – заведующий кафедрой микробиологии КГМА - филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, доктор медицинских наук, профессор (ORCID: 0000-0002-6855-3387), **Нургалиев Ф.М.** – доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, кандидат ветеринарных наук (ORCID: 0000-0001-7496-0379), **Гильманов Х.Х.** – научный консультант ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, кандидат биологических наук (ORCID: 0000-0001-7053-6925), **Маннанова А.Р.** – студент ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ

\*nurgalievfm@gmail.com

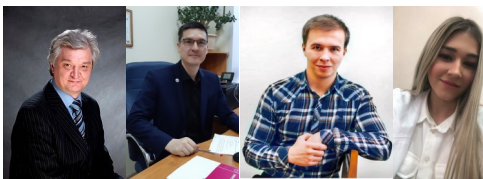
**Ключевые слова:** *Helicobacter suis*, гастриты, лабораторная диагностика

**Key words:** *Helicobacter suis*, gastritis, laboratory diagnostics, pork.

Поступила: 26.12.2022

Принята к публикации: 31.03.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Хеликобактеры, отличные от *H. pylori*, колонизирующие различных животных, также способны вызывать гастриты, язвы желудка и MALT-лимфомы у человека. Среди подобных бактерий со слизистой оболочки желудка человека наиболее часто выделяют *H. suis*. Несмотря на свое название, этот микроорганизм может также инфицировать кошек и собак. При этом распространенность *H. suis* среди поголовья свиней в различных странах варьирует в пределах 10,8-90,0%, но в большинстве исследований она составляет, в среднем, 60%. Очевидно, что такое масштабное распространение *H. suis* и тесные контакты с инфицированными животными могут способствовать профессиональным заражениям людей. Кроме того, потребление зараженного и недостаточно термически обработанного свиного мяса является возможным путем передачи этого микроорганизма. В наших экспериментах исследованием на наличие ДНК *H. suis* в различных частях туш свиней непосредственно после убоя установлено, что в 26,7 % пробах ДНК бактерий была обнаружена на слизистой оболочке ротовой полости, 13,3 % – по линиям разреза шеи, 6,6 % – грудного отдела и 0 % – окорока. Поскольку, по данным доступной литературы, выделение *H. suis* бактериологическим методом представляет большие трудности, то одним из немногих доступных способов диагностики остается обнаружение нуклеиновых кислот микроорганизма. Для обнаружения ДНК жизнеспособных *H. suis* в мясе свиней мы использовали протокол обработки образцов свинины этидия моноазидом в сочетании с ПЦР для исследования мяса свиней (свиная шейка) различных производителей, приобретенных на прилавках рынков г. Казани. В результате, в 0,5 % проб была обнаружена ДНК живых *H. suis*.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Род *Helicobacter* семейства *Helicobacteraceae* объединяет подвижные (лофотрихи), грамотрицательные, каталазо- и оксидазоположительные, преимущественно спиралевидные бактерии, не образующие спор. Природными хозяевами бактерий являются различные животные и человек [3, 9]. В настоящее время род включает 27 идентифицированных видов. По мнению D.W. Waite с соавт. (2017) в настоящее время в род *Helicobacter* включены генетически различные микроорганизмы, что требует дальнейшей его реклассификации [23].

Наиболее известным представителем рода является *H. pylori*. Вот уже почти тридцать лет он находится в центре внимания гастроэнтерологов и, вероятно, не будет преувеличением назвать эти годы «эрой *H. pylori*» [1, 6]. Опубликованы результаты нескольких тысяч исследований, и накопленные данные позволяют считать доказанной патогенетическую связь *H. pylori* с развитием некоторых форм хронического гастрита, язвенного гастродуоденита, аденокарцином и MALT-лимфом желудка [4].

В 1990 году М.М. Queiroz и соавт. пришли к мысли, что свиньи могут быть резервуаром *H. pylori*. Исследовав образцы слизистой оболочки желудка (СОЖ) от 120 голов клинически здоровых свиней, обнаружили ранее не описанную крупную тугоскрученную спиралевидную бактерию [21]. В следующей своей работе этот научный коллектив авторов предложил название данному микроорганизму “*Gastrospirillum suis*” [20]. В 1994 году E.N. Mendes и др. реклассифицировали выделенную от свиней бактерию как *Helicobacter heilmannii* [19]. В последующем De Groote и др. (1999) установили, что эта бактерия принадлежит к роду *Helicobacter* и назвали ее *Candidatus Helicobacter suis* [14]. После первого успешного выделения *in vitro* Baele и др. (2008) данный микроорганизм был классифицирован и получил название *Helicobacter suis* [5].

Исследования, проведенные в разных странах, указывают на различия в

распространении этих бактерий среди поголовья свиней. Так, например, E.N. Mendes и др. 1991 обнаружил хеликобактерии в 10,8% случаях, М.М. Queiroz и др. 1996 – в 90%, Hellemans и др. – в 80%. На сегодняшний день можно заключить, что распространенность хеликобактеров среди свиней варьирует от 10,8 до 90,0%, но в большинстве исследований сообщают о распространенности составляющей 60%. Установлено, что распространенность увеличивается с возрастом свиньи, составляя 2% у молочных поросят и до 90% у взрослых свиней [2, 9, 15, 16, 18].

Параллельно с исследованиями распространения бактерий рода *Helicobacter* у животных в биоптатах слизистой желудка человека были также обнаружены хеликобактеры не похожие морфологически на *H. pylori* и число подобных находок варьировало в пределах 0,2-6% [7, 17, 22]. Установлено, что у людей у которых выявляли не-*H. pylori* хеликобактерные бактерии, они вызывали заболевания желудка: гастриты, язвы и MALT-лимфомы, но не первичные аденокарциномы [3, 7, 10, 22]. Очевидно, что биология *H. suis* и контакты с инфицированными животными способствуют заражению человека. В частности, высокая инфицированность зарегистрирована среди свиноводов-частников и работников свиноводческих ферм. Также определенную опасность представляет употребление в пищу свинины без достаточной термической обработки [8, 12, 13]. К сожалению, точные пути и механизмы передачи инфекции от свиней к человеку остаются не изученными. Этому способствует и то, что на сегодняшний день, выделение и культивирование *H. suis* из мяса бактериологическими методами невозможно. Целью данной работы являлось селективное выявление ДНК жизнеспособных бактерий рода *Helicobacter* в мясе свиней.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

В начале нашей работы отобрали образцы для исследования на наличие ДНК

*H. suis* и *H. pylori* с поверхности туш свиней в условиях убойного пункта. Технологический процесс убоя свиней и разделки туш предусматривает выработку свинины в шкуре и без шкуры. Последовательность операций и режимы их проведения проводятся в соответствии с действующей технологической инструкцией, а требования к процессу соблюдаются с учетом вступившего в силу 01.05.2014 г. Технического регламента Таможенного союза 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции»

После убоя животных отбирали образцы для исследования. Материалами для исследования служили: слизистая оболочка ротовой полости, по линиям разреза шеи, грудного отдела и окорока (площадь

сбора материала 100 см<sup>2</sup>) и биоптаты фундальных отделов СОЖ. Для сбора использовали стерильные ватные тампоны. Все образцы хранили в пластиковых стерильных пакетах при -20 °С.

Экстракцию ДНК из биоматериалов проводили с использованием набора реагентов «РИБО-преп» производства ФБУН ЦНИИЭМ Эпидемиологии Роспотребнадзора, в соответствии с инструкцией производителя.

Постановку видоспецифической ПЦР для амплификации фрагмента ДНК гена 16S рДНК *H. suis* размером 433 п.н. проводили с помощью набора «СибЭнзим» и праймеров V832f и V1261r (таблица 1), предложенных D. De Groote и соавт. (1999) [14].

Таблица 1

## Праймеры использованные для амплификации

| Название                 | Структура праймера                                | Организм       | Размер ампликона п. н. | Ссылка               |
|--------------------------|---------------------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------|
| V832f<br>V1261r          | TTGGGAGGCTTTGTCTTTCCA<br>GATTAGCTCTGCCTCGCGGCT    | <i>H. suis</i> | 433                    | D. De Groote [14]    |
| BFHsuis_F1<br>BFHsuis_R1 | AAAACAMAGGCGATCGCCCTGTA<br>TTTCTTCGCCAGGTTCAAAGCG | <i>H. suis</i> | 150                    | F. Cortez Nunes [14] |

Таблица 2

## Режимы термоциклирования

| Стадия            | <i>H. suis</i><br>(V832f и V1261r) |      | Набор «ХЕЛИКОПОЛ»  |      | <i>H. suis</i><br>(BFHsuis_F1 и<br>BFHsuis_R1) |
|-------------------|------------------------------------|------|--------------------|------|------------------------------------------------|
| Пред. денатурация | (94 °C – 4 мин) x 1                |      | 94 °C – 1 мин.     |      | 94 °C – 4 мин. x 1                             |
| Денатурация       | 94 °C – 30 сек.                    | x 40 | 94 °C – 30 сек.    | x 5  | 95 °C – 20 сек.                                |
| Отжиг             | 60 °C – 60 сек.                    |      | 50 °C – 30 сек.    |      | 60 °C – 30 сек.                                |
| Синтез            | 72 °C – 10 сек                     |      | 72 °C – 30 сек     |      | 72 °C – 30 сек.                                |
| Денатурация       | –                                  |      | 92 °C – 5 сек.     | x 40 | –                                              |
| Отжиг             | –                                  |      | 50 °C – 10 сек.    |      | –                                              |
| Синтез            | –                                  |      | 72 °C – 15 сек     |      | –                                              |
| Досинтез          | (72°C – 4 мин) x 1                 |      | (72°C – 4 мин) x 1 |      | (72°C – 4 мин) x 1                             |

Амплификацию проводили в амплификаторе «Терцик» (ООО "ДНК-Технология"). Режимы термоциклирования представлены в таблице 2.

Выявление продуктов амплификации проводили горизонтальным электрофорезом в 2% агарозном геле с добавлением бромистого этидия и флуоресцентной визуализацией в УФ-трансиллюминаторе.

При постановке ПЦР для амплификации фрагмента ДНК *H. pylori* применяли коммерческий набор для амплификации «ХЕЛИКОПОЛ» на 50 реакций, производства ООО НПФ «Литех» согласно методике, предложенной производителем (таблица 2).

Ранее, из СОЖ откормочной свиньи при плановом убое клинически здоровых свиней нами был выделен штамм *H. suis*, который в дальнейшем использовали как положительный контроль в наших исследованиях. Выделение бактерий проводили в течение 96 часов при 37 °С на селективной питательной среде в микроаэрофильных и капнофильных условиях. Идентификацию полученного штамма *H. suis* проводили с учётом морфологических, тинкториальных, культуральных, биохимических свойств, а также в ПЦР в соответствии с методом, предложенным D. De Groote с соавторами (1999) [14].

Для оценки продолжительности сохранения жизнеспособности бактерии *H. suis* на мясе свиней, на поверхность 5 образцов из шейного отдела массой по 0,5 кг наносили взвесь выделенной живой культуры микроорганизмов. Контролем служил интактный образец мяса. Далее пробы помещали в вакуумную упаковку и хранили 48 часов при + 4 °С.

Были предприняты попытки вновь выделить контрольный штамм *H. suis* бактериологическим методом с поверхности обработанных образцов мяса.

Также для индикации ДНК жизнеспособных *H. suis* мы обрабатывали исследуемые образцы этидия моноазидом (ЕМА) в сочетании с последующей постановкой ПЦР, предложенные L. De Cooman с соавт. (2013) [13].

Для этого ЕМА растворяли в 4 мл ди-

метилформамида и 1 мл среды RPMI-1640 (ПанЭко, Россия) для получения рабочей концентрации 1 мг мл<sup>-1</sup>. В конце срока хранения получали смывы с образцов мяса и на культуральных планшетах обрабатывали их 10 мкг мл<sup>-1</sup> ЕМА. Образцы накрывали алюминиевой фольгой и перемешивали 10 мин на шейкере в режиме 600 об/мин при комнатной температуре. После этого все образцы помещали на лед и облучали в течение 5 мин галогенным источником света мощностью 500 Вт с расстояния 25 см. Затем процедуру повторяли еще раз. Затем все суспензии переносили в пробирки Эппендорфа и осаждали центрифугированием при 5000 об./мин, дважды промывая для удаления несвязанного ЕМА. Осадок ресуспендировали в 250 мкл сбалансированного солевого раствора Хэнкса.

Постановку ПЦР для селективного определения ДНК жизнеспособных *H. suis* проводили согласно F. Cortez Nunes и др. (2021) [11]. Определяемыми фрагментами ДНК служили гомологичные участки гена 16S р ДНК *H. suis* размером 150 п.н. Видоспецифическую ПЦР проводили с применением праймеров BFHsuis\_F1 и BFHsuis\_R1 (таблица 1). Режим термоциклирования представлен в таблице 2. Визуализацию ПЦР проводили с помощью горизонтального электрофореза в 1,5% агарозном геле с буфером ТВЕ, содержащим этидия бромид, с последующим просмотром электрофореграмм в УФ-трансиллюминаторе.

Этим же методом было исследовано мясо свиней, реализуемое на торговых площадках г. Казани, для чего было закуплено 20 образцов мяса свиней различных производителей.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Всего в условиях убойного пункта было взято и проанализировано 60 образцов биоматериала, полученных с различных частей свиных туш, и 15 проб фундального отдела СОЖ на наличие ДНК *H. suis* и *H. pylori*. Результаты представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, в 11 пробах (73,3 %) из фундального отдела СОЖ

была обнаружена ДНК *H. suis*. Результаты ПЦР на содержание ДНК *H. suis* были получены: со слизистой оболочки ротовой полости – 26,7%; по линиям разреза шеи – 13,4% (рисунок 1); грудного отдела – 6,7%; окорока – 0%.

По результатам ПЦР на обнаружение ДНК *H. pylori* все исследованные пробы были отрицательные (рисунок 2).

**Таблица 3**  
Результаты ПЦР на обнаружение ДНК *H. suis* и *H. pylori* на поверхности различных частей свиных туш

|                      | Место забора материала |                                    |                       |                 |        |
|----------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------|--------|
|                      | фундальный отдел СОЖ   | слизистая оболочка ротовой полости | по линиям разреза шеи | грудного отдела | окорок |
| ДНК <i>H. suis</i> + | 11                     | 4                                  | 2                     | 1               | 0      |
| ДНК <i>H. suis</i> – | 4                      | 11                                 | 13                    | 14              | 15     |
| Итого                | 15                     | 60                                 |                       |                 |        |

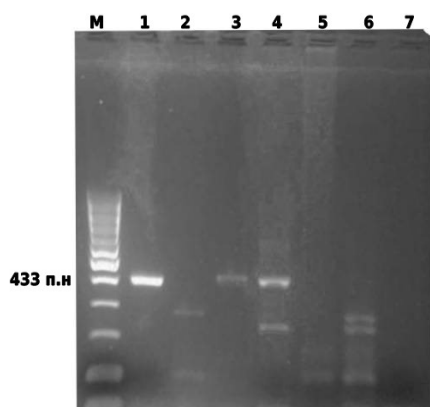


Рис.1. Электрофореграмма результата ПЦР-амплификации биоматериала взятого по линиям разреза шеи. Праймеры V832f и V1261r инициируют амплификацию фрагмента ДНК гена 16S рДНК *H. suis* длиной 433 п.н.

**Обозначения:** М) ДНК-маркер;  
1) Положительный контроль;  
2) Отрицательный контроль;  
3-7) ПЦР-пробы

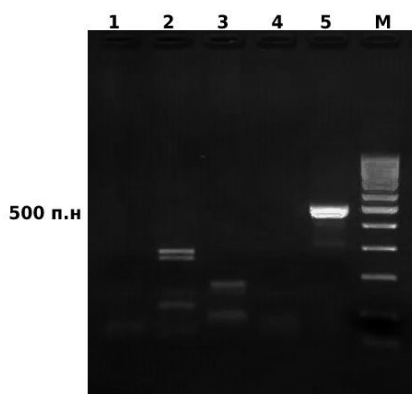


Рис.2. Электрофореграмма результата ПЦР-амплификации ДНК *H. pylori*. Комплект для амплификации *Helicobacter Pylori* «ХЕЛИКОПОЛ», амплификация фрагмента ДНК гена 16S рДНК *H. suis*.

**Обозначения:** 1-3) ПЦР-пробы  
4) Отрицательный контроль;  
5) Положительный контроль;  
М) ДНК-маркер.



Следующим этапом исследования стало изучение сохранности *H. suis* на охлажденном мясе при +4 °С в течение 48 часов. В конце срока хранения образцов были сделаны посевы на питательную среду и проведено селективное выявление ДНК жизнеспособных бактерий *H. suis*. Выделить чистые культуры *H. suis* из охлажденного мяса в конце срока хранения нам не удалось.

Для выявления ДНК жизнеспособных бактерий *H. suis* были сделаны смывы с кусков мяса через 48 часов. По 250 мкл полученных от каждого куска свинины суспензий обрабатывали ЕМА как описано в материалах и методах и исследовали в ПЦР (рисунок 3). В качестве отрицательного контроля брали смыв с пробы свинины, не обработанной бактериальной

суспензией. Положительным контролем послужил выделенный штамм *H. suis*.

По результатам исследования установили, что через 48 часов хранения на всех пробах свиного мяса, на которые была нанесена живая культура *H. suis*, была обнаружена ДНК жизнеспособных *H. suis*.

Далее нами на прилавках рынков г. Казани было закуплено 20 образцов мяса свиней (свиная шейка) различных производителей. Проведенная оценка данных образцов на соответствие требованиям безопасности по микробиологическим показателям показала, что образцы мяса соответствует требованиям безопасности по проверенным микробиологическим показателям (таблица 4).

**Таблица 4**

**Результаты испытаний на соответствие требованиям безопасности по микробиологическим показателям образцов мяса**

| Наименование определяемых показателей         | Единица измерения | НД на методику исследования | Результаты испытаний    | Допустимый уровень         |
|-----------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| КМАФАнМ                                       | КОЕ/г             | ГОСТ 10444-15-94            | менее $1,0 \times 10^5$ | не более $1,0 \times 10^6$ |
| БГКП (колиформные)                            | в 0,001 г         | ГОСТ 31747-2012             | не обнаружено           | не допускает               |
| Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы | в 25 г            | ГОСТ 31659-2012             | не обнаружено           | не допускает               |
| <i>L. monocytogenes</i>                       | в 25 г            | ГОСТ 32031-2012             | не обнаружено           | не допускает               |

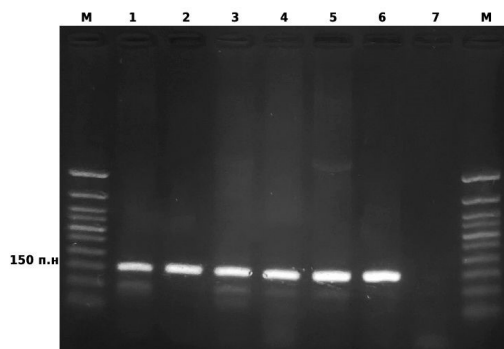


**Рис.3.** Электрофореграмма результата ПЦР-амплификации селективного выявления ДНК жизнеспособных бактерий *H. suis*. Праймеры *BFHsuis\_F1* и *BFHsuis\_R1* иницируют амплификацию фрагмента ДНК гена 16S рДНК *H. suis* длиной 150 п.н.

**Обозначения:** М) ДНК-маркер;  
1-5) ПЦР-пробы;  
6) Положительный контроль;  
7) Отрицательный контроль

Взятые пробы биоматериала от этих образцов свинины исследовали на наличие ДНК *H. suis* и *H. pylori*. Обнаружение ДНК *H. suis* проводили, используя методику, предложенную D. De Groote и соавт. (1999). Обнаружение *H. pylori* проводили согласно методике, предложенной производителем набора ООО НПФ «Литех». Положительные результаты ПЦР на содержание ДНК *H. suis* были получены в образцах от 2 проб. Все пробы на обнаружение ДНК *H. pylori* были отрицательные.

Также все образцы исследовали на обнаружение ДНК живых бактерий *H. suis*, для этого применили протокол обработки образцов свинины ЕМА в сочетании с ПЦР. По результатам на обнаружение ДНК *H. suis* одна проба была положительной.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Выделение и культивирование *H. suis* является очень сложным и трудоемким процессом с низкой вероятностью успеха. Впервые выделить этот микроорганизм удалось М. Baele с соавт. (2008) с СОЖ, обильно колонизированной этим микроорганизмом. Выделить данный микроорганизм из мяса и продуктов его переработки бактериологическим методом не представляется возможным. Поэтому при выполнении данной работы для обнаружения ДНК жизнеспособных *H. suis* мы использовали протокол обработки образцов свинины ЕМА в сочетании с ПЦР.

Были проведены ПЦР исследования 15 проб СОЖ от 15 голов свиней и 60 образцов биоматериала от 15 голов свиней, полученных с различных частей свиных туш, на наличие ДНК *H. suis* и *H. pylori*. Положительные результаты ПЦР на содержание ДНК *H. suis* были получены в 11 пробах (73,3 %) с СОЖ, ДНК *H. pylori* обнаружено не было.

В образцах биоматериала от 4 туш (26,7 %) была обнаружена ДНК *H. suis*, ДНК *H. pylori* обнаружено не было. При этом ДНК *H. suis* была обнаружена во всех образцах слизистой оболочке рото-

вой полости, но реже обнаруживали по линиям разреза шеи и грудного отдела. Возможно загрязнение на слизистой оболочке ротовой полости можно объяснить тем, что после оглушения животных переводят в вертикальное положение с помощью подвешного устройства, при этом содержимое желудка может попадать в ротовую полость. Также можно предположить, что микроорганизм может определенное время обитать на слизистой оболочке полости рта, что показано для *H. pylori*. Также загрязнение туш возможно при нутровке, когда часть содержимого желудка может попадать на поверхность туши в области шеи и грудного отдела, на что указывают L. De Cooman и др. (2014).

Согласно СанПиН 2.3.2.1324-03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов» срок хранения кусковой свинины при температуре +4 (± 2) °C составляет 48 часов. Исходя из этого мы выбрали срок изучения выживаемости *H. suis* на поверхности кускового мяса. По результатам исследования была обнаружена ДНК жизнеспособных *H. suis* ПЦР на поверхности всех обработанных проб свинины. Возможно этому способствовало создание вакуумной упаковки для хранения (влажная среда и анаэробные условия).

При оценке проб мяса свиней (свиная шейка) различных производителей, приобретенных на прилавках рынков установили, что все они соответствовали требованиям безопасности по микробиологическим показателям ТР ТС 034/2013 "О безопасности мяса и мясной продукции". Исследованиями этих проб мяса на наличие ДНК *H. suis* и *H. pylori* установили, что в 1 пробе содержалась ДНК живых *H. suis*. Все пробы на обнаружение ДНК *H. pylori* были отрицательные.

Необходимы дальнейшие исследования для того, чтобы оценить возможность заражения человека и определить точные пути обсеменения мяса в процессе убоя.

## DETECTION OF DNA OF BACTERIA OF THE GENUS *HELICOBACTER* IN PIG MEAT

**Pozdeev O.K.** - Head of the Department of Microbiology KSMA - Branch Campus of the FSBEIFPE RMACPE MOH Russia, professor; **Nurgaliev F.M.** - Associate Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology FSBEI HE Kazan SAVM; **Gilmanov Kh.Kh.** - scientific consultant Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV"; **Mannanova A.R.** - student FSBEI HE Kazan SAVM

### ABSTRACT

*Helicobacters* different from *Helicobacter pylori*, colonizing various animals, are also capable of causing gastritis, stomach ulcers and MALT – lymphomas in humans. *Helicobacter suis* is most often isolated among similar bacteria from the mucous membrane of the human stomach. In spite of its name this microorganism can also infect cats and dogs. At the same time the spread of *Helicobacter suis* among the pig population in different countries varies between 10.8-90.0% but in most studies it is in average 60%. It is obvious that such extensive spread of *Helicobacter suis* and close contacts with infected animals can contribute to occupational infections of human beings. In addition, the consumption of infected and insufficiently heat-treated pork meat is a possible route of transmission of this microorganism. In our studies on the presence of *Helicobacter suis* DNA in various parts of pig carcasses immediately after slaughter determined that DNA samples in 26.7% of bacterial were found on the oral mucosa, 13.3% – along the neck lines section, 6.6% - thoracic section and 0% – hock section. According to the available literature the isolation of *Helicobacter suis* by the bacteriological method presents great difficulties and the detection of nucleic acids of the microorganism remains as one of the few available diagnostic methods. To detect the DNA of living *Helicobacter suis* in pork we used the protocol for processing pork samples with ethidium monoazide in combination with PCR to

study pig meat (pork neck) from various manufacturers purchased on the shelves of Kazan markets. As a result, the DNA of living *Helicobacter suis* was found in 0.5% of the samples.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Исаева Г. Ш., Исаева Р. А. Геном *Helicobacter pylori* и патогенность. *Бактериология*. 2021;6(1):37-47. DOI: 10.20953/2500-1027-2021-1-37-47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46452099>.
2. Isaeva G.Sh., Isaeva R.A. The genome of *Helicobacter Pylori* and the pathogenicity. *Bacteriology*. 2021;6(1):37-47. [In Russ.] DOI: 10.20953/2500-1027-2021-1-37-47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46452099>.
3. Нургалиев Ф.М. Выявление бактерий *Helicobacter suis* у свиней разных возрастных групп. *Ветеринария сегодня*. 2020;(4):266-271. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-4-35-266-271. URL: <https://veterinary.arriah.ru/jour/article/view/514>.
4. Nurgaliev F.M. Detection of *Helicobacter suis* bacteria in pigs of different age groups. *Veterinary Science Today*. 2020;(4):266-271. [In Russ.] DOI: 10.29326/2304-196X-2020-4-35-266-271. URL: <https://veterinary.arriah.ru/jour/article/view/514>.
5. Поздеев О. К. и др. Роль "желудочных" хеликобактеров животных в гастропатологии человека. *Терапевтический архив*. 2015; 87(5):122-126. DOI: 10.17116/terarkh2015875122-126 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zheludochnyh-helikobakterov-zhivotnyh-v-gastropatologii-cheloveka>.
6. Pozdeev O.K., Pozdeeva A.O., Saifutdinov R.G. Role of animal gastric *Helicobacter* species in human gastric pathology. *Therapeutic archive*. 2015; 87(5):122-126. [In Russ.] DOI: 10.17116/terarkh2015875122-126 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zheludochnyh-helikobakterov-zhivotnyh-v-gastropatologii-cheloveka>.
7. Поздеева А. О. и др. Современное развитие схем эрадикации *Helicobacter*

- pylori. *Инфекция и иммунитет*. 2021; 11 (6):1037-1049. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-razvitie-shem-eradikatsii-helicobacter-pylori>.
8. Pozdeeva A.O.a, Pozdeev O.K.a, Gulyaev P.E.b, Valeeva Yu.V.c, Savinova A.N. Current development of Helicobacter Pylori eradication protocols. *Infection and Immunity*. 2021; 11(6):1037-1049. (In Russ.)] URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-razvitie-shem-eradikatsii-helicobacter-pylori>.
9. Baele M., et al. Isolation and characterization of Helicobacter suis sp. nov. from pig stomachs. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2008; 58:1350–1358. DOI: doi: 10.1099/ijs.0.65133-0. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18523177/>
10. Bento-Miranda M., Figueiredo C. Helicobacter heilmannii sensu lato: an overview of the infection in humans. *World Journal of Gastroenterology: WJG*. 2014; 20 (47):17779. DOI: 10.3748/wjg.v20.i47.17779. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25548476/>
11. Blaecher C. et al. Significantly higher frequency of Helicobacter suis in patients with idiopathic parkinsonism than in control patients. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2013; 38(11-12):1347-1353. DOI: 10.1111/apt.12520. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24117797/>
12. Bohaychuk V. M., Gensler G. E., Barrios P. R. Microbiological baseline study of beef and pork carcasses from provincially inspected abattoirs in Alberta, Canada. *The Canadian veterinary journal*. 2011; 52 (10):1095. URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3174505/>
13. Buck, et al. Ultrastructural and molecular characterization of non-Helicobacter pylori species in the gastric mucosa of naturally infected pigs. *Braz J Vet Pathol*. 2018; 11 (2):42-49. DOI: 10.24070/bjvp.1983-0246.v11i2p42-49. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326910260\\_Ultrastructural\\_and\\_molecular\\_characterization\\_of\\_nonHelicobacter\\_pylori\\_species\\_in\\_the\\_gastric\\_mucosa\\_of\\_naturally\\_infected\\_pigs](https://www.researchgate.net/publication/326910260_Ultrastructural_and_molecular_characterization_of_nonHelicobacter_pylori_species_in_the_gastric_mucosa_of_naturally_infected_pigs).
14. Chloë De Witte, et al. Infeed bambarmycin medication induces antiinflammatory effects and prevents parietal cell loss without influencing Helicobacter suis colonization in the stomach of mice. *De Witte et al. Vet Res*. 2018; 49(1):35. DOI: 10.1186/s13567-018-0530-1. URL: <https://veterinaryresearch.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13567-018-0530-1>.
15. Cortez Nunes F. et al. Presence of Helicobacter pylori and H. suis DNA in Free-Range Wild Boars. *Animals*. 2021; 11 (5):1269. DOI: 10.3390/ani11051269. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1269>.
16. De Cooman L. et al. Presence of Helicobacter suis on pork carcasses. *International journal of food microbiology*. 2014; 187:73-76. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.06.016. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25058686/>.
17. De Cooman L. et al. Survival of Helicobacter suis bacteria in retail pig meat. *International journal of food microbiology*. 2013; 166(1):164-167. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.020. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23880243/>.
18. De Groote D. et al. ‘Candidatus Helicobacter suis’, a gastric helicobacter from pigs, and its phylogenetic relatedness to other gastrospirilla. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 1999; 49(4):1769-1777. DOI: 10.1099/00207713-49-4-1769. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10555359/>.
19. De Witte C., Ducatelle R., Haesebrouck F. The role of infectious agents in the development of porcine gastric ulceration. *The Veterinary Journal*. 2018; 236:56-61. DOI: 10.1016/j.tvjl.2018.04.015. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29871751/>.
20. Dulciene M.M., et al. Association Between Helicobacter and Gastric Ulcer Disease of the Pars Esophagea in Swine. *Gastroenterology*. 1996; 111:19–27. DOI: 10.1053/gast.1996.v111.pm8698198. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8698198/>.
21. Flahou B. et al. Evidence for a primate origin of zoonotic Helicobacter suis colo-

- nizing domesticated pigs. *The ISME journal*. 2018; 12.(1):77-86. DOI: 10.1038/ismej.2017.145. URL: <https://www.nature.com/articles/ismej2017145>.
22. GRASSO G.M., et al. Prevalence of helicobacter-like organisms in porcine gastric mucosa: a study of swine slaughtered in Italy. *Comp. Immun. Microbiol. infect.* 1996; 19(3):213-217. DOI: 10.1016/0147-9571(96)00007-0. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8800547/>.
23. Mendes E. N. et al. Are pigs a reservoir host for human *Helicobacter* infection. *Am J Gastroenterol.* 1994; 89(8):1296. URL: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?journal=Am+J+Gastroenterol&title=Are+pigs+a+reservoir+host+for+human+Helicobacter+infection?&author=E+N+Mendes&author=D+M+M+Queiroz&author=F+E+Dewhirst&author=B+J+Paster&author=G+A+Rocha&volume=89&publication\\_year=1994&pages=1296&#d=gs\\_qabs&t=1677410862332&u=%23p%3DSjkIipDvKPIJ](https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=Am+J+Gastroenterol&title=Are+pigs+a+reservoir+host+for+human+Helicobacter+infection?&author=E+N+Mendes&author=D+M+M+Queiroz&author=F+E+Dewhirst&author=B+J+Paster&author=G+A+Rocha&volume=89&publication_year=1994&pages=1296&#d=gs_qabs&t=1677410862332&u=%23p%3DSjkIipDvKPIJ).
24. Mendes E. N. et al. Ultrastructure of a spiral micro-organism from pig gastric mucosa ("Gastrospirillum suis"). *Journal of Medical Microbiology*. 1990; 33(1):61-66. DOI:10.1099/00222615-33-1-61. URL:[https://www.researchgate.net/publication/20923735\\_Ultrastructure\\_of\\_a\\_spiral\\_micro-organism\\_from\\_pig\\_gastric\\_mucosa\\_Gastrospirillum\\_suis](https://www.researchgate.net/publication/20923735_Ultrastructure_of_a_spiral_micro-organism_from_pig_gastric_mucosa_Gastrospirillum_suis)
25. Queiroz D. M. M. et al. A spiral microorganism in the stomach of pigs. *Veterinary microbiology*. 1990; 24(2):199-204. DOI: 10.1016/0378-1135(90)90067-6. URL:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1700535/>
26. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021; 118(13):e2026337118. DOI: 10.1073/pnas.2026337118. URL:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33753513/>
27. Waite D. W. et al. Comparative genomic analysis of the class Epsilonproteobacteria and proposed reclassification to Epsilonbacteraeota (phyl. nov.). *Frontiers in microbiology*. 2017; 8:682. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00682. URL:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28484436/>

## REFERENCES

1. Isaeva G.Sh., Isaeva R.A. The genome of *Helicobacter Pylori* and the pathogenicity. *Bacteriology*. 2021;6(1):37-47. (In Russ) DOI: 10.20953/2500-1027-2021-1-37-47. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46452099>.
2. Nurgaliev F.M. Detection of *Helicobacter suis* bacteria in pigs of different age groups. *Veterinary Science Today*. 2020;(4):266-271. (In Russ.) DOI: 10.29326/2304-196X-2020-4-35-266-271. URL:<https://veterinary.arriah.ru/jour/article/view/514>.
3. Pozdeev O.K., Pozdeeva A.O., Pozdnyak A.O., Saifutdinov R.G. Role of animal gastric *Helicobacter* species in human gastric pathology. *Therapeutic archive*. 2015; 87(5):122-126. (In Russ.) DOI: 10.17116/terarkh2015875122-126 URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zheludochnyh-helikobakterov-zhivotnyh-v-gastropatologii-cheloveka>.
4. Pozdeeva A.O.a, Pozdeev O.K.a, Gulyaev P.E.b, Valeeva Yu.V.c, Savinova A.N. Current development of *Helicobacter Pylori* eradication protocols. *Infection and Immunity*. 2021; 11(6):1037-1049. (In Russ.) URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-razvitie-shem-eradikatsii-helicobacter-pylori>.
5. Baele M., et al. Isolation and characterization of *Helicobacter suis* sp. nov. from pig stomachs. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2008; 58:1350-1358. DOI: doi: 10.1099/ijs.0.65133-0. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18523177/>
6. Bento-Miranda M., Figueiredo C. *Helicobacter heilmannii* sensu lato: an overview of the infection in humans. *World Journal of Gastroenterology: WJG*. 2014; 20(47):17779. DOI: 10.3748/wjg.v20.i47.17779. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25548476/>
7. Blaecher C. et al. Significantly higher



- frequency of *Helicobacter suis* in patients with idiopathic parkinsonism than in control patients. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2013; 38(11-12):1347-1353. DOI: 10.1111/apt.12520. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24117797/>
8. Bohaychuk V. M., Gensler G. E., Barrios P. R. Microbiological baseline study of beef and pork carcasses from provincially inspected abattoirs in Alberta, Canada. *The Canadian veterinary journal*. 2011; 52(10):1095. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3174505/>
9. Buck, et al. Ultrastructural and molecular characterization of non-*Helicobacter pylori* species in the gastric mucosa of naturally infected pigs. *Braz J Vet Pathol*. 2018; 11(2):42-49. DOI: 10.24070/bjvp.1983-0246.v11i2p42-49. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326910260\\_Ultrastructural\\_and\\_molecular\\_characterization\\_of\\_nonHelicobacter\\_pylori\\_species\\_in\\_the\\_gastric\\_mucosa\\_of\\_naturally\\_infected\\_pigs](https://www.researchgate.net/publication/326910260_Ultrastructural_and_molecular_characterization_of_nonHelicobacter_pylori_species_in_the_gastric_mucosa_of_naturally_infected_pigs)
10. Chloë De Witte, et al. Infeed bambamycin medication induces antiinflammatory effects and prevents parietal cell loss without influencing *Helicobacter suis* colonization in the stomach of mice. *De Witte et al. Vet Res*. 2018; 49(1):35. DOI: 10.1186/s13567-018-0530-1. URL: <https://veterinaryresearch.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13567-018-0530-1>
11. Cortez Nunes F. et al. Presence of *Helicobacter pylori* and *H. suis* DNA in Free-Range Wild Boars. *Animals*. 2021; 11(5):1269. DOI: 10.3390/ani11051269. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1269>
12. De Cooman L. et al. Presence of *Helicobacter suis* on pork carcasses. *International journal of food microbiology*. 2014; 187:73-76. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.06.016. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25058686/>
13. De Cooman L. et al. Survival of *Helicobacter suis* bacteria in retail pig meat. *International journal of food microbiology*. 2013; 166(1):164-167. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.020. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23880243/>
14. De Groote D. et al. 'Candidatus *Helicobacter suis*', a gastric helicobacter from pigs, and its phylogenetic relatedness to other gastrospirilla. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 1999; 49(4):1769-1777. DOI: 10.1099/00207713-49-4-1769. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10555359/>
15. De Witte C., Ducatelle R., Haesebrouck F. The role of infectious agents in the development of porcine gastric ulceration. *The Veterinary Journal*. 2018; 236:56-61. DOI: 10.1016/j.tvjl.2018.04.015. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29871751/>
16. Dulciene M.M., et al. Association Between *Helicobacter* and Gastric Ulcer Disease of the Pars Esophagea in Swine. *Gastroenterology*. 1996; 111:19-27. DOI: 10.1053/gast.1996.v111.pm8698198. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8698198/>
17. Flahou B. et al. Evidence for a primate origin of zoonotic *Helicobacter suis* colonizing domesticated pigs. *The ISME journal*. 2018; 12(1):77-86. DOI: 10.1038/ismej.2017.145. URL: <https://www.nature.com/articles/ismej2017145>
18. GRASSO G.M., et al. Prevalence of helicobacter-like organisms in porcine gastric mucosa: a study of swine slaughtered in Italy. *Comp. Immun. Microbiol infect*. 1996; 19(3):213-217. DOI: 10.1016/0147-9571(96)00007-0. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8800547/>
19. Mendes E. N. et al. Are pigs a reservoir host for human *Helicobacter* infection. *Am J Gastroenterol*. 1994; 89(8):1296. URL: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?journal=Am+J+Gastroenterol&title=Are+pigs+a+reservoir+host+for+human+Helicobacter+infection?&author=E+N+Mendes&author=D+M+M+Queiroz&author=F+E+Dewhirst&author=B+J+Paster&author=G+A+Rocha&volume=89&publication\\_year=1994&pages=1296&#d=gs\\_qabs&t=1677410862332&u=%23p%3DSjkIipDvKPIJ](https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=Am+J+Gastroenterol&title=Are+pigs+a+reservoir+host+for+human+Helicobacter+infection?&author=E+N+Mendes&author=D+M+M+Queiroz&author=F+E+Dewhirst&author=B+J+Paster&author=G+A+Rocha&volume=89&publication_year=1994&pages=1296&#d=gs_qabs&t=1677410862332&u=%23p%3DSjkIipDvKPIJ)

20. Mendes E. N. et al. Ultrastructure of a spiral micro-organism from pig gastric mucosa ("Gastrospirillum suis"). *Journal of Medical Microbiology*. 1990; 33(1):61-66. DOI:10.1099/00222615-33-1-61. URL:[https://www.researchgate.net/publication/20923735\\_Ultrastructure\\_of\\_a\\_spiral\\_micro-organism\\_from\\_pig\\_gastric\\_mucosa\\_Gastrospirillum\\_suis](https://www.researchgate.net/publication/20923735_Ultrastructure_of_a_spiral_micro-organism_from_pig_gastric_mucosa_Gastrospirillum_suis)
21. Queiroz D. M. M. et al. A spiral microorganism in the stomach of pigs. *Veterinary microbiology*. 1990; 24(2):199-204. DOI: 10.1016/0378-1135(90)90067-6. URL:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1700535/>
22. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021; 118(13):e2026337118. DOI: 10.1073/pnas.2026337118. URL:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33753513/>
23. Waite D. W. et al. Comparative genomic analysis of the class Epsilonproteobacteria and proposed reclassification to Epsilonbacteraeota (phyl. nov.). *Frontiers in microbiology*. 2017; 8:682. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00682. URL:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28484436/>

УДК: 616.22-009.11:636.7

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.206

## КЛИНИКО-ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПАРАЛИЧА ГОРТАНИ У СОБАК

**Мукий Ю.В.** \* – к.б.н., доцент кафедры ветеринарной гигиены, кормления и разведения животных, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины (ORCID 0000-0003-3371-298X), **Костюнина О.В.** – д.б.н., ведущий научный сотрудник группы молекулярных основ селекции, ФГБ-НУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (ORCID 0000-0001-8206-3221).

\*jul.ma2015@yandex.ru

**Ключевые слова:** паралич гортани у собак, разведение и генетика собак.

**Key words:** paralysis of the larynx in dogs, breeding and genetics of dogs

Поступила: 20.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В обзорной статье рассмотрены основные клинические признаки паралича гортани и патологические изменения, связанные с ним и другими неврологическими патологиями. Эти наследственные невропатии собак образуют группу дегенеративных заболеваний, поражающих двигательные и/или чувствительные и вегетативные периферические нервы и имеют сходные симптомы. Аксональные формы, связанные с генерализованной полиневропатией и параличом гортани, описаны у нескольких пород собак: далматинцев, аляскинских маламутов, ротвейлеров, лабрадор-ретриверов, леонбергеров, сенбернаров, итальянских спинолей, пиренейских горных собак, подгальских овчарок, кокер-спаниелей, немецких догов, американских стаффордширских терьеров, стаффордширских бультерьеров, бувье де Фландр, сибирских хаски и их помесей. Рассматриваются гены кандидаты, ассоциированные с заболеванием: *ARHGEF10*, *RAPGEF6*, *ADAMTS3*, *CNTNAP1*, *DCTN1*. Возраст начала заболевания может варьировать, проявление признаков паралича гортани возникает как у молодых собак, так встречается и гериатрическая форма. Прогноз комплекса паралича гортани-полинейропатии от осторожного до неблагоприятного. Описан один случай эвтаназии в связи с некупируемой регургитацией и аспирационной пневмонией. Некоторые авторы указывают на возможную ассоциацию заболевания с белым окрасом шерсти. Установлено два основных типа наследования паралича гортани у собак – ауто-сомно-рецессивный и рецессивный сцепленный с X-хромосомой. У человека известен доминантный тип наследования данной аномалии. Ранняя диагностика позволит идентифицировать наследственный характер паралича гортани, снизить частоту проявления тяжелых форм заболевания при своевременной хирургической коррекции хрящей гортани и симптоматическом лечении, а также элиминировать носителей мутантных аллелей в популяциях собак, что является актуальным на сегодняшний день в связи с распространением данной аномалии у многих пород.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Hadji Rasouliha и коллеги (2019) описали паралич гортани (Laryngeal paralysis - LP) как неспособность отвести черпаловидные хрящи во время вдоха, что приводит к частичной или полной обструкции дыхательных путей и последующему респираторному дистресс-синдрому [1]. Основным клиническим признаком паралича гортани является затрудненное дыхание, сопровождающееся «шумом» или хрипами, т.е. прогрессирующий инспираторный стрidor. Дополнительными признаками могут быть затрудненное глотание, изменения частоты и качества лая, высокий шаг в аллюрах и нескоординированная походка, спотыкание, непереносимость физических упражнений и атрофия мышц конечностей [2]. Паралич гортани возникает вследствие нарушения функции каудального гортанного нерва, что приводит к дисфункции черпаловидного хряща, обеспечивающего прохождение воздуха через голосовую щель в период вдоха и выдоха. В результате этого воздух не может проходить через голосовую щель в достаточном количестве, и животное испытывает дыхательную недостаточность. Часто признаки паралича гортани не специфичны и могут включать одышку, рвоту, цианоз слизистых оболочек, беспокойство и возбуждение. Так как дыхание участвует в общей терморегуляции организма, собаки плохо переносят жару и часто имеют повышенную температуру тела. В некоторых случаях возникает кашель. Иногда заболевание может протекать бессимптомно. Ухудшают течение заболевания такие факторы как ожирение, нагрузки, повышение температуры и влажности окружающего воздуха. MacPhail C. M. (2020) отмечал, что данная патология является наиболее распространенным заболеванием гортани у кошек и собак. У собак существуют различные формы LP с разным возрастом установления клинических признаков [3].

У большинства пород наследственный паралич гортани связан с другими неврологическими патологиями. Такие наследственные невропатии собак образуют

группу дегенеративных заболеваний, поражающих двигательные и/или чувствительные и вегетативные периферические нервы и сходны с патологией Шарко-Мари-Тута у человека, для которых генетическая мутация выявляется более чем у 70% пациентов [4]. У человека установлен аутосомно-доминантный тип наследования.

По данным многих авторов также установлено, что наиболее частой причиной паралича гортани у собак также являются смешанные формы комплекса паралича гортани и прогрессирующей генерализованной полинейропатии (LPPN) у пожилых собак крупных и гигантских пород [2,3]. Диагноз ставится на основании клинических признаков и функционального обследования, и должен быть подтвержден эндоскопическим исследованием гортани под анестезией для исключения других заболеваний, например, неоплазии гортани, опухоли или коллапса гортани, которые могут имитировать LP [5]. В настоящее время разработана генетическая диагностика с выявлением носителей мутантных аллелей генов кандидатов.

Наследственные формы с ранним проявлением были зарегистрированы у нескольких пород собак. Аксональные формы IMSN с генерализованными клиническими признаками и параличом гортани описаны у далматинцев (Braund et al., 1989b, Braund et al., 1994a) [6], аляскинских маламутов (Braund et al., 1997), ротвейлеров (Mahony et al., 1998), леонбергов и сенбернаров (Shelton, G. D. et al., 2003, Granger N., 2007), итальянских спинолей (Shelton G. D. et al., 2004) [7], пиренейских горных собак (Gabriel A. et al., 2006) [8], подгальских овчарок, кокер-спаниелей (Granger N., 2011) [4], немецких догов (Henricks et al., 1987; Granger N., 2011) [4], американских стаффордширских терьеров, стаффордширских бультерьеров, бувье де Фландр, сибирских хаски и их помесей (O'Brien JA, Hendriks J., 1996; Polizopoulou, Z. S., 2003) [9,10].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Braund K. G. и коллеги (1994) установили комплекс паралича гортани-полиневропатии у 14 молодых далматинцев. Неврологические признаки, включая мегаэзофагус, наблюдались у 13 из 14 собак. Электромиографические исследования показали аномалии потенциала фибрилляции и положительные «острые волны» в гортанных, пищеводных, лицевых и дистальных аппендикулярных мышцах. Выявлена нейрогенная атрофия внутренних мышц гортани и аппендикулярных скелетных мышц. Диффузная генерализованная полинейропатия с преобладанием аксональной дегенерации наблюдалась в возвратных гортанных и аппендикулярных периферических нервах. Гистологические исследования с использованием препаратов одиночных волокон и поперечных срезов нервов показали, что изменения были более выраженными в дистальных отделах периферических нервов с преимущественной потерей миелинизированных средних (от 5,5 до 8 мкм) и крупных (от 8,5 до 12 мкм) волокон. Ультраструктурные изменения наблюдались в миелинизированных и немиелинизированных нервных волокнах. Термин «ларингеальный паралич-полинейропатия» был предложен для обозначения этого явного предсмертного расстройства, которое клинически, электрофизиологически и патологически отличается от паралича гортани у молодых бувь де Фландр и сибирских хаски. Прогноз для далматинцев с комплексом паралича гортани-полинейропатии от осторожного до неблагоприятного [6].

Используя полногеномное ассоциативное исследование и анализ гаплотипов, Hadji Rasouliha S. и коллеги (2019) сопоставили основной генетический фактор риска раннего начала LP у миниатюрных бультерьеров с интервалом ~ 1,3 Мб на 11 хромосоме (CFA - Canis Familiaris Autosome). У миниатюрного бультерьера с признаками паралича гортани при полном секвенировании генома и сравнении с 598 контрольных геномов, была обнаружена инсерция размером 36 п.н. в экзоне

15 гена *RAPGEF6* (с.1793\_1794ins36). Исследователи отмечают, что несовершенная корреляция генотип-фенотип предполагает сложный тип наследования с основным генетическим фактором риска, включающим рецессивный аллель риска. Гомозиготность по вставке была связана с 10-17-кратным увеличением риска LP [1]. Мутация была выявлена только у миниатюрных бультерьеров и бультерьеров. Последовательность инсерции содержит акцепторный мотив сплайсинга, приводящий к aberrантному сплайсингу в транскриптах (r.1732\_1780del). Это приводит к сдвигу рамки считывания и преждевременному стоп-кодону p.(Ile587ProfsTer5), удаляющему 64% открытой рамки считывания. Таким образом авторы предполагают важную роль *RAPGEF6* в функции гортанного нерва и дают новый ключ к его физиологическому значению [1].

Еще одна из форм наследственной полинейропатии у леонбергерров, вызвана генетическим вариантом в *ARHGEF10*, кодирующем фактор обмена гуаниновых нуклеотидов 10 [7]. Таким образом, оба гена *RAPGEF6* и *ARHGEF10*, представляют собой факторы обмена гуаниновых нуклеотидов, которые, и по мнению Shelton G. D. и коллег (2003), вероятно, необходимы для правильного функционирования периферических нейронов с длинными аксонами. В данном исследовании фенотип *RAPGEF6* -/- собак обуславливал только изменения иннервации гортани при возникновении заболевания в раннем возрасте. При наличии фенотипа *ARHGEF10* -/- у собак клинические признаки появляются в позднем возрасте и включают широкий спектр поражения периферических нервов. Было показано, что делеция 10 п.н. четырех нуклеотидов с 3'-конца экзона 17 и шести нуклеотидов с 5'-конца интрона 17 (с.1955\_1958+6delCACGGTGAGC) *ARHGEF10* на 16 CFA приводит к дефектам оболочки аксонов и миелинизации. Авторы предполагают X-сцепленное наследование [7, 12].

Вариант миссенс мутации в *ADAMTS3*:



c.2786G>A (p.Arg929His) на 13 хромосоме был обнаружен у норвич-терьеров, французских и английских бульдогов и других брахицефальных пород собак. Мутация ассоциировалась с синдромом обструкции верхних дыхательных путей. Считается, что сопротивление в дыхательных путях, вызванное такими аномалиями тканей, как стенозированные ноздри, удлиненное мягкое небо и увеличенные, выступающие каудально носовые раковины, вызывает патологическое ремоделирование дополнительных тканей, включая выворот миндалин и гортанного мешка, отек носоглотки, коллапс гортани, гипоплазию трахеи и усиление утолщения и удлинения мягкого неба [13]. Это предрасполагает собак к брахицефальному обструктивному синдрому дыхательных путей (Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome - BOAS). В совокупности такие нарушения приводят к затрудненному дыханию, непереносимости жары, физических нагрузок, цианозу тканей и коллапсу [13, 14]. Данный мутантный аллель отсутствовал у миниатюрных бультерьеров, бультерьеров и мопсов. Также описаны мутации генов *BMP3* и *SMOC2*, связанные с брахицефалией собак, однако вклад этих вариантов в патогенез BOAS не изучен.

Одним из генов-кандидатов считался *DCTN1* (субъединицы 1 динактина) на CFA 17. По данным Holt D.E. и коллег (2016) из 352 пораженных собак 126 (36%) были лабрадор-ретриверы. Однако исследования показали, что последовательности гена *DCTN1* (5 собак) и гаплотипы полиморфных маркеров, окружающих ген *DCTN1* (все собаки), не соответствовали гипотезе о том, что паралич гортани был связан с наследованием одного и того же аллеля *DCTN1* у всех оцениваемых лабрадоров-ретриверов или леонбергеров [15].

А. Letko и сотрудники (2020) идентифицировали миссенс-вариант в гене *CNTNAP1* (c.2810G>A; p.Gly937Glu) [2]. Известно, что *CNTNAP1* кодирует нейрональный «контактин-ассоциированный белок 1», важный для организации миели-

низированных аксонов, в частности для регуляции свойств синапсов. В литературе описаны случаи с летальным синдромом врожденной контрактуры и гипомиелинизирующей нейропатией, включая паралич голосовых связок и тяжелую дыхательную недостаточность у собак, имеющих гомозиготные генотипы по мутации в *CNTNAP1* [2]. Важно отметить, что лабрадор-ретриверы, пораженные LPPN, были в среднем на четыре года моложе, чем собаки, страдающие гериатрической полинейропатией паралича гортани. Патологические изменения при биопсии нерва лабрадора-ретривера от гомозиготной мутантной собаки были аналогичны таковым у леонбергеров и сенбернаров. Влияние этого варианта на здоровье английских бульдогов и ирландских терьеров, двух пород с более высокими частотами аллелей варианта *CNTNAP1*, остается неясным. Средний возраст появления клинических признаков у ограниченного числа собак, гомозиготных по описанной мутации в *CNTNAP1*, составлял 3,4; 2,1 и 7,5 года у леонбергеров, сенбернаров и лабрадор-ретриверов соответственно. Для сравнения, возраст появления клинических признаков ранее охарактеризованной *ARHGEF10*-ассоциированной полинейропатии наблюдался у леонбергеров и сенбернаров со средним возрастом 2,2 и 1,6 года соответственно. Кроме того, у больных леонбергеров с вариантом сдвига рамки *GJA9* средний возраст появления клинических признаков составлял 6,2 года. Интересно, что лабрадоры-ретриверы, пораженные LPPN, которые не несут описанный *CNTNAP1* вариант, показали более высокий средний возраст проявления клинических признаков - 11,5 лет. Разница в возрасте начала заболевания между собаками с вариантом *CNTNAP1* и собаками без известной мутации, вызывающей заболевание, была статистически значимой для трех пород (леонбергер  $p = 0,000001002$ , сенбернар  $p = 0,01681$ , лабрадор-ретривер  $p = 0,002662$ ). Разница между собаками с вариантом *CNTNAP1* и вариантом *ARHGEF10* была значимой у леонберге-

ров ( $p = 0,002538$ ), но не значимой у сенбернаров ( $p = 0,3095$ ). Авторы установили аутосомно-рецессивный тип LPPN, возникающий в молодом возрасте у крупных и гигантских пород собак, таких как леонбергеры, сенбернары и лабрадор-ретриверы. Также авторы предположили, что у брахицефалических пород собак (например, у английского бульдога), паралич гортани (LP) может не диагностироваться из-за затрудненного дыхания, связанного с синдромом BOAS, включая коллапс гортани, а при этом частота мутантных аллелей в популяциях возрастает [2].

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом можно отметить, что на сегодняшний день известно несколько генов, ассоциированных с параличом гортани и генерализованной формой полинейропатии у ряда пород собак, имеющих аутосомно-рецессивный и рецессивный, сцепленный с X-хромосомой типы наследования. Эти данные позволяют проводить раннюю диагностику заболевания с учетом породных особенностей до появления тяжелых клинических симптомов и летального исхода. Ранняя диагностика и оперативное лечение может снизить не только частоту тяжелых патологических состояний у животных, но и позволит не допустить в разведение носителей мутантных аллелей.

#### CLINICO-PATHOLOGICAL AND GENETIC ASPECTS OF LARYNGEAL PARALYSIS IN DOGS

**Mukii J.V.** – PhD of biological science, Associate Professor; **Kostiunina O.V.** – doctor of biological sciences, Leading researcher 1 - Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SPbSUVM"; 2 - Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Animal Husbandry – VIZH named after academician L.K. Ernst"

\*jul.ma2015@yandex.ru

#### ABSTRACT

The review article discusses the main clinical signs of paralysis of the larynx and pathological changes associated with it and

other neurological pathologies. These hereditary canine neuropathies form a group of degenerative diseases affecting motor and/or sensory and autonomic peripheral nerves and have similar symptoms. Axonal forms associated with generalized polyneuropathy and paralysis of the larynx have been described in several dog breeds: Dalmatians, Alaskan Malamutes, Rottweilers, Labrador Retrievers, Leonbergers, St. Bernards, Italian Spinners, Pyrenean Mountain Dogs, Podhale Sheepdogs, Cocker Spaniels, Great Danes, American Staffordshire Terriers, Staffordshire Bull Terriers, Bouvier de Flandres, Siberian Huskies and Siberian Husky crosses. Candidate genes for association with the disease are considered: *ARHGEF10*, *RAPGEF6*, *ADAMTS3*, *CNTNAP1*, *DCTN1*. The age of onset of the disease can be different, the manifestation of signs of paralysis of the larynx occurs both in young dogs, and the geriatric form also occurs. The prognosis of the complex of paralysis of the larynx-polyneuropathy is from cautious to unfavorable. One case of euthanasia due to intractable regurgitation and aspiration pneumonia has been described. Some authors point to a possible association of the disease with white coat color. Two main types of inheritance of paralysis of the larynx in dogs have been established - autosomal recessive and X-linked recessive. In humans, the dominant type of inheritance of this anomaly is known. Early diagnosis will make it possible to identify the hereditary nature of paralysis of the larynx, reduce the incidence of severe forms of the disease with timely surgical correction of the cartilage of the larynx and symptomatic treatment, as well as the spread of carriers of mutant alleles in dog populations. This is relevant today in connection with the spread of this anomaly in many breeds.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hadji Rasouliha S, Barrientos L, Andereg L, et al. A RAPGEF6 variant constitutes a major risk factor for laryngeal paralysis in dogs. PLoS Genet. 2019;15(10):e1008416. Published 2019 Oct 24. doi:10.1371/journal.pgen.1008416
2. Letko A, Minor KM, Friedenberg SG, et

- al. A CNTNAP1 Missense Variant Is Associated with Canine Laryngeal Paralysis and Polyneuropathy. *Genes* (Basel). 2020;11(12):1426. Published 2020 Nov 27. doi:10.3390/genes11121426
3. MacPhail CM. Laryngeal Disease in Dogs and Cats: An Update. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2020 Mar;50 (2):295-310. doi: 10.1016/j.cvsm.2019.11.001
4. Granger N. Canine inherited motor and sensory neuropathies: An updated classification in 22 breeds and comparison to Charcot-Marie-Tooth disease. *The Veterinary Journal* Volume 188, Issue 3, June 2011, Pages 274-285. doi: 10.1016/j.tvjl.2010.06.003.
5. McKeirnan, K. L., Gross, M. E., Rochat, M., & Payton, M. (2014). Comparison of propofol and propofol/ketamine anesthesia for evaluation of laryngeal function in healthy dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 50(1), 19–26. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-5959>
6. Braund, K. G., Shores, A., Cochrane, S., Forrester, D., Kwiecien, J. M., & Steiss, J. E. Laryngeal paralysis-polyneuropathy complex in young Dalmatians. *American journal of veterinary research*, 1994. -55(4), 534–542.
7. Shelton, G. D., Podell, M., Poncelet, L., Schatzberg, S., Patterson, E., Powell, H. C., Mizisin, A. P. Inherited polyneuropathy in Leonberger dogs: a mixed or intermediate form of Charcot-Marie-Tooth disease? *Muscle Nerve*. – 2003. - 27(4): 471–477. doi.org/10.1002/mus.10350.
8. Gabriel A, Poncelet L, Van Ham L, Clercx C, Braund KG, Bhatti S, Detilleux J, Peeters D. Laryngeal paralysis-polyneuropathy complex in young related Pyrenean mountain dogs. *J Small Anim Pract.* 2006 Mar;47(3):144-9. doi: 10.1111/j.1748-5827.2006.00058.x.
9. O'Brien JA, Hendriks J. Inherited laryngeal paralysis. Analysis in the husky cross. *Vet Q.* 1986 Oct;8(4):301-2. doi: 10.1080/01652176.1986.9694059.
10. Polizopoulou, Z. S., Koutinas, A. F., Papadopoulos, G. C., Saridomichelakis, M. N. Juvenile laryngeal paralysis in three Siberian Husky x Alaskan malamute puppies. December 2003; *The Veterinary record* 153(20):624-7. DOI:10.1136/vr.153.20.624
11. Ridyard AE, Corcoran BM, Tasker S, Willis R, Welsh EM, Demetriou JL, Griffiths LG. Spontaneous laryngeal paralysis in four white-coated German shepherd dogs. *J Small Anim Pract.* 2000 Dec;41(12):558-61. doi: 10.1111/j.1748-5827.2000.tb03153.x.
12. Ekenstedt, K. J. An ARHGEF10 deletion is highly associated with a juvenile-onset inherited polyneuropathy in Leonberger and Saint Bernard dogs. Ekenstedt, K. J., Becker, D., Minor, K. M., *PLoS genetics*, 2014. - 10(10), e1004635. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1004635>
13. Marchant TW, Dietschi E, Rytz U, Schawwalder P, Jagannathan V, Hadji Rasouliha S, Gurtner C, Waldvogel AS, Harrington RS, Drögemüller M, Kidd J, Ostrander EA, Warr A, Watson M, Argyle D, Ter Haar G, Clements DN, Leeb T, Schoenebeck JJ. An ADAMTS3 missense variant is associated with Norwich Terrier upper airway syndrome. *PLoS Genet.* 2019 May 16;15(5):e1008102. doi: 10.1371/journal.pgen.1008102. PMID: 31095560; PMCID: PMC6521993.
14. Torrez, C. V., Hunt, G. B. (2006). Results of surgical correction of abnormalities associated with brachycephalic airway obstruction syndrome in dogs in Australia. *The Journal of small animal practice*, 47(3), 150–154. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2006.00059.x>
15. Holt DE, Brown DC, Henthorn PS. Evaluation of the dynactin 1 gene in Leonbergers and Labrador Retrievers with laryngeal paralysis. *Am J Vet Res.* 2016 Oct;77(10):1114-20. doi: 10.2460/ajvr.77.10.1114. PMID: 27668583.

## REFERENCES

1. Hadji Rasouliha, Sheida et al. “A RAPGEF6 variant constitutes a major risk factor for laryngeal paralysis in dogs.” *PLoS genetics*. 24 Oct. 2019, vol. 15,10. e1008416.doi:10.1371/journal.pgen.1008416
2. Letko, Anna et al. “A CNTNAP1 Missense Variant Is Associated with Canine Laryngeal Paralysis and Polyneuropathy.” *Genes*. 2020, vol. 11,12 14. doi:10.3390/genes11121426

3. MacPhail, Catriona M. "Laryngeal Disease in Dogs and Cats: An Update." *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice.* 2020, vol. 50,2 295-310. doi:10.1016/j.cvsm.2019.11.001
4. Granger, Nicolas. "Canine inherited motor and sensory neuropathies: an updated classification in 22 breeds and comparison to Charcot-Marie-Tooth disease." *Veterinary journal (London, England.* 1997. vol. 188,3.2011: 274-85. doi:10.1016/j.tvjl.2010.06.003
5. McKeirnan, Kelci L et al. "Comparison of propofol and propofol/ketamine anesthesia for evaluation of laryngeal function in healthy dogs." *Journal of the American Animal Hospital Association* vol. 50,1. 2014: 19-26. doi:10.5326/JAAHA-MS-5959
6. Braund, K. G., Shores, A., Cochrane, S., Forrester, D., Kwiecien, J. M., & Steiss, J. E. Laryngeal paralysis-polyneuropathy complex in young Dalmatians. *American journal of veterinary research*, 1994, 55 (4), 534-542.
7. Shelton, G Diane et al. "Inherited polyneuropathy in Leonberger dogs: a mixed or intermediate form of Charcot-Marie-Tooth disease?." *Muscle & nerve.* (2003): 471-7. doi:10.1002/mus.10350
8. Gabriel A, Poncelet L, Van Ham L, Clercx C, Braund KG, Bhatti S, Detilleux J, Peeters D. Laryngeal paralysis-polyneuropathy complex in young related Pyrenean mountain dogs. *J Small Anim Pract.* 2006, Mar;47 (3):144-9. doi: 10.1111/j.1748-5827.2006.00058.x.
9. O'Brien JA, Hendriks J. Inherited laryngeal paralysis. Analysis in the husky cross. *Vet Q.* 1986, Oct;8(4):301-2. doi: 10.1080/01652176.1986.9694059.
10. Polizopoulou, Z S et al. "Juvenile laryngeal paralysis in three Siberian husky x Alaskan malamute puppies." *The Veterinary record.* 2003, vol. 153,20, 624-7. doi:10.1136/vr.153.20.624
11. Ridyard, A E et al. "Spontaneous laryngeal paralysis in four white-coated German shepherd dogs." *The Journal of small animal practice.* 2000, vol. 41,12 558-61. doi:10.1111/j.1748-5827.2000.tb03153.x
12. Marchant, Thomas W et al. "An ADAMTS3 missense variant is associated with Norwich Terrier upper airway syndrome." *PLoS genetics.* 16 May. 2019, vol. 15,5 e1008102. doi:10.1371/journal.pgen.1008102
13. Torrez, C V, and G B Hunt. "Results of surgical correction of abnormalities associated with brachycephalic airway obstruction syndrome in dogs in Australia." *The Journal of small animal practice.* 2006, vol. 47,3, 150-4. doi:10.1111/j.1748-5827.2006.00059.x
14. Ekenstedt, Kari J et al. "An ARHGEF10 deletion is highly associated with a juvenile-onset inherited polyneuropathy in Leonberger and Saint Bernard dogs." *PLoS genetics.* 2 Oct. 2014, vol. 10,10 e1004635. doi:10.1371/journal.pgen.1004635
15. Holt, David E et al. "Evaluation of the dynactin 1 gene in Leonbergers and Labrador Retrievers with laryngeal paralysis." *American journal of veterinary research.* 2016, vol. 77,10, 1114-20. doi:10.2460/ajvr.77.10.1114

УДК: 619: 616.441-001.28: 636.028  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.213

## МИКРОМОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС У КРЫС ПРИ ОСТРОМ РАДИАЦИОННОМ ПОРАЖЕНИИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДАФС-25 И МОНКЛАВИТ-1

**Бревнова С.А.** \* – аспирант кафедры ветеринарной радиобиологии и БЖЧС  
(ORCID 0000-0002-6043-1326)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной  
медицины»

\* sonya-24.96@mail.ru

**Ключевые слова:** малоновый диальдегид, щитовидная железа, лучевая болезнь, радиозащитные свойства, ДАФС-25, Монклавит-1.

**Key words:** malondialdehyde, thyroid, radiation sickness, radioprotective properties, DAFS-25, Monclavit-1

**Благодарности:** Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение № 22-16-20007 от 25.03.2022 г).

Поступила: 20.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Поиск рецептур радиозащитных средств с различными механизмами действия является одним из перспективных направлений в радиобиологии. Одним из компонентов антиоксидантной системы организма являются глутатионпероксидазы – селен-зависимые протеины, способные нейтрализовать активные формы кислорода и ингибировать перекисное окисление липидов. Кроме того, селен участвует в метаболизме тиреоидных гормонов и поддержании клеточного гомеостаза тироцитов. Щитовидная железа участвует в регуляции метаболизма, а также влияет на функционирование многих систем организма. Следовательно, от функционального состояния щитовидной железы будет зависеть течение и исход лучевой патологии. Для синтеза гормонов щитовидной железы необходим йод. ДАФС-25 – кормовая добавка для сельскохозяйственных животных, содержащая диацитофенонилселенид (массовая доля селена – 25%). Монклавит-1 – ветеринарный препарат, содержащий йод в виде полимерного комплекса. Комбинированное применение селена и йода в качестве радиозащитного средства на данный момент малоизучено. Таким образом, целью данной работы явилось оценить изменения концентрации малонового диальдегида и функционального состояния щитовидной железы при остром радиационном поражении на фоне применения кормовой добавки ДАФС-25 и препарата Монклавит-1. С целью проведения эксперимента по принципу пар-аналогов было сформировано 5 групп животных по 10 особей в каждой. Определение концентрации малонового диальдегида проводили колориметрическим методом. Отобранный для гистологического исследования материал фиксировали в растворе формалина, затем обезвоживали, парафинировали и окрашивали гематоксилин-эозином.



Применение ДАФС-25 и Монклавит-1 способствует снижению концентрации малонового диальдегида в крови облученных животных и относительному восстановлению гистоструктуры щитовидной железы на 30 сутки эксперимента.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Для осуществления клеточного дыхания в аэробном организме необходим кислород. Однако, это приводит к постоянному образованию активных форм кислорода (АФК), которые обладают потенциально повреждающим эффектом. К АФК относятся такие соединения, как свободные радикалы, перекиси, ионы кислорода. АФК образуются эндогенно – в митохондриях, пероксисомах, эндоплазматическом ретикулуме и в плазматической мембране клеток. Кроме того, существуют экзогенные факторы, которые могут индуцировать образование АФК. Одним из таких факторов является ионизирующее излучение. [1] Первичное взаимодействие ионизирующего излучения с тканями и клетками организма животных сопровождается поглощением энергии излучения и подразделяется на прямое (ионизация органических молекул) и косвенное (ионизация молекул воды). Первичная ионизация воды (или радиоллиз воды) является одной из ведущих радиационно-химических реакций. В результате данного процесса образуются свободные радикалы, в том числе гидроксил-радикал, атомарный водород, а также продукты их взаимодействия – перекись водорода, гидропероксильный радикал. АФК окисляют липиды мембран клеток, содержащие двойные углеродные связи (например, полинасыщенные жирные кислоты фосфолипидов). В ответ на окислительный стресс, вызванный АФК, происходит перекисное окисление липидов. [2] Перекисное окисление липидов проходит как по ферментативным, так и по неферментативным механизмам. Ферментативные механизмы включают активацию липоксигеназ, миелопероксидаз, циклооксигеназ и цитохрома P450. Неферментативные механизмы опосредованы свободными радикалами, которые могут косвенно генерироваться НАДФН оксидазами и синтазами оксида азота. В результате взаимодействия свободных радикалов с по-

линасыщенными жирными кислотами, образуются липидно-гидропероксидные молекулы и новые диенильные радикалы. [3, 4]. При распаде липидно-гидропероксидных радикалов образуются различные соединения, в том числе малоновый диальдегид (МДА). Основными субстратами для образования МДА являются арахидоновая и докозагексаеновая кислоты, присутствующие в мембранных фосфолипидедах [1]. Этот альдегид представляет собой высокотоксичную молекулу и способствует дальнейшему распространению окислительного повреждения. Его взаимодействие с ДНК и белками влечет ряд потенциально мутагенных и атерогенных эффектов [2]. Дисбаланс между окислительным стрессом и антиоксидантными механизмами приводит к патологическому окислению. [3–5]. Уровень МДА в плазме крови отражает степень перекисного окисления липидов, а также тяжесть окислительного стресса [6, 7].

Как правило, перекисное окисление липидов ингибируется ферментами глутатионпероксидазой, супероксиддисмутазой и каталазой, или антиоксидантами, например, витамином С и витамином Е [8]. Глутатионпероксидазы (GPx) – селен-зависимые ферменты, являющиеся одним из основных компонентов антиоксидантной системы организма. Селен также необходим для синтеза тиоредоксинредуктаз (TXNRD) и йодтирониндейодиназ (DIO), которые играют особую роль в отношении щитовидной железы и обладают широким спектром функций – от противовоспалительной и антиоксидантной активности до регуляции метаболизма тиреоидных гормонов [9]. Щитовидная железа влияет на работу множества систем организма, и снижение её активности, особенно на фоне хронической недостаточности йода и селена, может усугубить течение лучевой болезни [10].

Таким образом, целью нашего исследования было определение уровня МДА в

крови облученных животных на фоне применения ДАФС-25 и Монклавит-1.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHODS

Эксперимент проводился на 50 аутбредных крысах-самцах, приобретенных в питомнике лабораторных животных (Ленинградская область, д. Рапполово). По прибытии в виварий животные проходили период адаптации в течение 7 дней и карантинирования в течение 14 дней. Кормление и поение осуществлялись вволю. Всем экспериментальным животным в воду добавляли пробиотик «Ветом 1.1» из расчёта 75 мг/кг на животное в сутки.

В соответствии с требованиями «Методических указаний по доклиническому изучению радиопротекторных свойств фармакологических веществ» для первоначального отбора эффективных радиозащитных препаратов срок клинического наблюдения за животными составлял 30 суток [11]. По принципу аналогов среди животных было сформировано 5 групп, по 10 особей в каждой.

Первая группа – «Интактные животные». Животным проводили «ложное» введение препаратов и «ложное» облучение.

Вторая группа – «Контроль облучения». Подопытным крысам вводили растительное масло за 3 часа до воздействия гамма-излучения в объёме 1 мл на 100 г массы тела, а затем через 12 часов после облучения и с интервалом 48 часов питьевую воду в объёме 1 мл на 100 г массы тела.

Третья группа – «Монклавит-1» (М1). Животным вводили раствор Монклавита-1 в количестве 1 мл на 100 г массы тела, через 12 часов после облучения с интервалом 48 часов.

Четвертая группа – «ДАФС-25 (1,3 мг/кг)». Крысам вводили масляный раствор ДАФС-25 в дозе 1,3 мг/кг за 3 часа до облучения.

Пятая группа – «ДАФС-25 (1,3 мг/кг)» + М1. Подопытным животным вводили масляный раствор препарата ДАФС-25 в дозе 1,3 мг/кг, 3 часа до воздействия гамма-излучения, в объёме 1 мл на 100 г мас-

сы тела и водный раствор Монклавита-1 в объёме 1 мл на 100 г массы, через 12 часов после облучения и с интервалом 48 часов.

Крысы подвергались однократному общему внешнему воздействию гамма-излучения в дозе 7,0 Гр при этом мощности дозы 0,99 Гр/мин. Источником гамма-излучения был изотоп  $^{137}\text{Cs}$ .

Масляный раствор ДАФС-25 готовили путем растворения 0,13 г кормовой добавки в 100 мл предварительно подогретого растительного масла при постоянном помешивании, тем самым получив масляный раствор в концентрации 1,3 %. ДАФС-25 вводили крысам внутривенно, в дозе 1,3 мг/кг, за 3 часа до воздействия  $\gamma$ -излучения, однократно. Указанная дозировка ДАФС-25 является 1/8 частью от экспериментально определённой ЛД<sub>50</sub> – 10,308 мг/кг, что соответствует требованиям, указанным в «Методических указаний по доклиническому изучению радиопротекторных свойств фармакологических веществ» [11]. В предыдущих исследованиях именно на данной дозе препарата были установлены наиболее выраженные радиозащитные свойства. Применение ДАФС-25 в дозе 1,3 мг/кг за 3 часа до общего, внешнего, однократного воздействия гамма-излучения в дозе 7,0 Гр определяло выживаемость 50 % особей, а комбинирование применения ДАФС-25 в дозе 1,3 мг/кг с последующим десятикратным внутривенным введением Монклавита-1, повышало выживаемость до 60 %, облучённых крыс, против 80 % в «контроле облучения» [12].

Монклавит-1 (ООО «Оргполимерсинтез СПб», Санкт-Петербург, Россия) в 100 мл водного раствора содержит 120 мг йода кристаллического и 360 мг калия йодида. Кристаллический йод связан с молекулой поливинил-N-амидациклосоульфойодида. Данный препарат применяли внутривенно в виде водного раствора, через 12 ч после облучения, а затем с интервалом 48 ч, предварительно смешав с водой в соотношении 1:1, общим объёмом 1,0 мл на 100

грамм массы тела, на одно введение, 10 раз.

Дозу Монклавит-1 определяли методом межвидового переноса доз на основании коэффициентов, учитывающих разную площадь поверхности тела у животных, выведенных в руководстве, опубликованном Управлением по контролю за качеством продуктов питания и лекарственных средств «Estimating the Maximum Safe Starting Dose in Initial Clinical Trials for Therapeutics in Adult Healthy Volunteers. Guidance for Industry» [13]. Схема применения водного раствора Монклавит-1 – 1 раз в 48 ч, 10 раз была выбрана эмпирическим методом, основываясь на не крупном размере животных и объёме введения раствора для санации желудочно-кишечного тракта и учётом максимальной дозы препарата, рекомендуемой инструкцией на курс лечения.

Кровь у животных отбирали из хвостовой вены до эксперимента, затем на 6,

12, 20 и 30 сутки. Концентрацию МДА определяли колориметрическим методом. Материал для гистологического исследования фиксировали в 10% нейтральном забуференном формалине. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином.

Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе Statistica 10. С целью сравнения показателей животных контрольной группы и интактных животных использовали U-критерий Манна-Уитни. Показатели животных контрольной и подопытных групп сравнивали при помощи критерия Краскела-Уоллиса и Тьюки. Различия считались статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты исследования концентрации МДА в крови животных представлены в Таблице 1.

Таблица 1.  
Изменения уровня малонового диальдегида (МДА) в крови крыс  
в период с 6 по 30 сутки, n = 10

| Срок наблюдения          | Фон            | 6 сут           | 12 сут          | 20 сут         | 30 сут         |
|--------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Содержание МДА, мкмоль/л |                |                 |                 |                |                |
| 1. Интактные животные    | 1,3[1,3;1,4]   | 1,4[1,2;1,4]    | 1,4[1,3;1,4]    | 1,4[1,3;1,4]   | 1,4[1,3;1,4]   |
| 2. Контроль облучения    | 1,35[1,3;1,4]  | 2,9*[2,8;3,0]   | 2,6*[2,4;2,6]   | 2,3*[2,2;2,3]  | 2,1*[2,0;2,2]  |
| 3. Монклавит-1+масло     | 1,35[1,2;1,4]  | 3,5*#[3,4;3,73] | 2,8*[2,35;2,9]  | 1,9*#[1,8;2,0] | 1,6#[1,6;1,7]  |
| 4. ДАФС-25+вода          | 1,25[1,2;1,38] | 2,3*#[2,2;2,33] | 2,5*[2,45;2,55] | 2,2*[2,2;2,3]  | 1,8*[1,75;1,9] |
| 5. ДАФС-25+Монклавит-1   | 1,3[1,23;1,3]  | 2,3*#[2,2;2,33] | 2,6*[2,5;2,6]   | 2,3*[2,2;2,4]  | 1,5#[1,4;1,5]  |

\* – достоверность различий относительно животных интактной группы согласно U-критерия Манна-Уитни составляет  $p \leq 0,05$ .

# – достоверность различий относительно животных группы «Контроль облучения» согласно критерию Краскела-Уоллиса составляет  $\leq 0,05$ .

Согласно данным, представленным в Таблице 1, у животных группы «Контроль облучения» уровень МДА в крови был статистически значимо выше, чем у интактных животных, на 6 и 12 сутки эксперимента. При этом наибольших значений данный показатель достиг на 6 сутки, после чего постепенно снижался вплоть до окончания наблюдений. К 30 суткам содержание МДА в крови животных контрольной группы превышало аналогичный показатель у необлученных крыс на 37,6% ( $p \leq 0,05$ ).

Среди животных третьей подопытной группы (Монклавит-1+масло) уровень МДА изменялся аналогично показателям крыс группы «Контроль облучения». К 6 суткам в данной группе отмечалось повышение содержания МДА на 1,6 мкмоль/л относительно контрольных животных. В период с 6 по 30 сутки уровень МДА постепенно снижался, и на 30 сутки эксперимента был на 18,8% выше показателей крыс интактной группы, однако, эти отличия не являлись статистически значимыми.

У животных четвертой подопытной группы (ДАФС-25+вода) отмечалось постепенное повышение уровня МДА в крови к 12 суткам с последующим снижением к 30 суткам эксперимента. На 6 сутки эксперимента содержание МДА в крови животных было на 20,7% ниже ( $p \leq 0,05$ ) аналогичного показателя крыс контрольной группы. В период с 12 по 20 сутки содержание МДА установилось на уровне контрольных животных, однако к 30 суткам снизилось на 14,3% относительно данного показателя у крыс контрольной группы.

В пятой группе (ДАФС-25+Монклавит-1) концентрация МДА изменялась аналогично четвертой группе. Пик значений приходился на 12 сутки эксперимента и составлял 2,6 мкмоль/л, что на 46,2% ( $p \leq 0,05$ ) превышало показатели интактных животных. На момент окончания эксперимента содержание МДА в пятой группе было на 28,6% ниже показателей животных контрольной группы ( $p \leq 0,05$ ).

При изучении гистологического строе-

ния щитовидной железы у животных контрольной группы (Рис. 1) отмечали признаки её гипофункции: резорбционные вакуоли практически отсутствовали, стенки фолликулов были утончены из-за уплощения тироцитов, при этом объем коллоида и полостей фолликулов увеличен; в некоторых фолликулах наблюдалось уплотнение коллоида. Были обнаружены застойные явления, что проявлялось в полнокровии сосудов щитовидной железы и образовании тромбов. Некоторые фолликулы были разрушены, в паренхиме присутствовали единичные очаги лимфоидной инфильтрации. Также отмечали полиморфизм ядер тироцитов.

В щитовидной железе крыс 3, 4 и 5 подопытных групп патологические изменения были менее выражены, чем у животных контрольной группы. В коллоиде фолликулов обнаруживались резорбционные вакуоли. Наибольшую толщину стенок фолликулов и выраженные резорбционные вакуоли отмечали у животных 5 подопытной группы (Рис. 2). Наблюдались единичные незаполненные и частично заполненные коллоидом фолликулы, а также тироциты с вакуолизированной цитоплазмой.

Согласно данным, представленным в Таблице 2, у крыс группы «Контроль облучения» наблюдалось увеличение диаметра фолликулов в 1,9 раза и снижение высоты тироцитов в 1,6 раза относительно животных интактной группы. Диаметр фолликулов щитовидной железы крыс 3 и 4 подопытных групп также увеличивался (на 69 и 36 % соответственно) по сравнению с интактными животными, однако был на 9 и 27 % соответственно ниже чем у крыс группы «контроль облучения». Высота тироцитов у животных 3 и 4 подопытных групп была соответственна в 1,6 ( $p \leq 0,05$ ) и 1,3 раза ниже, чем аналогичный показатель у контрольных животных. Комбинированное применение ДАФС-25 и Монклавит-1 обеспечивало уменьшение диаметра фолликулов на 37 % ( $p \leq 0,05$ ) на фоне увеличения высоты фолликулярного эпителия на 57 % относительно животных контрольной группы.

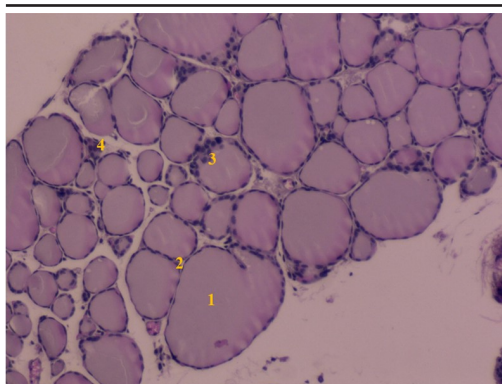


Рисунок 1. Щитовидная железа крысы группы «контроль облучения» на 30 сутки после воздействия гамма излучения (окраска гематоксилин-эозин, увеличение x400).

1 – фолликул; 2 – фолликулярный эпителий; 3 – слущенные в просвет фолликула тироциты; 4 – очаг лимфоидной инфильтрации

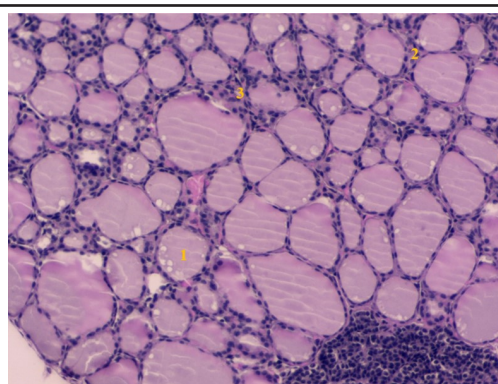


Рисунок 2. Щитовидная железа крысы группы «ДАФС-25 + Монклавит-1» на 30 сутки после воздействия гамма излучения (окраска гематоксилин-эозин, увеличение x400).

1 – фолликул с множеством резорбционных вакуолей; 2 – фолликулярный эпителий; 3 – очаг лимфоидной инфильтрации

Таблица 2  
Микроморфометрические показатели фолликулов щитовидной железы крыс на 30 сутки после лучевого воздействия, мкм (Ме [Q25;Q75])

| № группы               | Диаметр фолликулов, мкм | Высота фолликулярного эпителия, мкм |
|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 1. Интактные животные  | 117<br>[71;184]         | 8,9<br>[5,4;9,3]                    |
| 2. Контроль облучения  | 218*<br>[86;302]        | 5,4*<br>[2,9;8,2]                   |
| 3. Монклавит-1+масло   | 198<br>[77;293]         | 8,6#<br>[3,9;9,9]                   |
| 4. ДАФС-25+вода        | 159<br>[74;267]         | 6,8<br>[4,4;9,1]                    |
| 5. ДАФС-25+Монклавит-1 | 138#<br>[68;241]        | 8,5#<br>[5,0;9,7]                   |

\* – статистическая значимость различий относительно интактных животных согласно U-критерия Манна-Уитни составляет менее 0,05;

# – статистическая значимость различий относительно животных группы «Контроль облучения» согласно H-критерия Краскела-Уоллиса составляет менее 0,05.

#### Выводы / Conclusion

Согласно полученным результатам, применение ДАФС-25 и Монклавит-1 способствует снижению концентрации МДА в крови облученных животных. Это обусловлено тем, что селен является кофактором глутатионпероксидазы – фер-

мента, который является частью антиоксидантной системы организма. Глутатионпероксидазы нейтрализуют образовавшиеся в результате воздействия ионизирующего излучения АФК [14, 15]. Монклавит-1 представляет собой йодсодержащий препарат, который применяет-



ся в ветеринарии в качестве бактерицидного и фунгицидного средства широкого спектра действия [16]. При дефиците йода усиливается тяжесть окислительного стресса из-за дисбаланса АФК и антиоксидантов [17–19]. Эти данные подтверждаются в исследовании Лыгденова Д. В., где у подопытных животных на фоне нарушения гормонального фона щитовидной железы развивался выраженный окислительный стресс. [20] Выраженность гистологических изменений у крыс, получавших ДАФС-25 и Монклавит-1, ниже, чем у животных группы «Контроль облучения», что связано с участием селена и йода в метаболизме гормонов щитовидной железы, регуляции окислительно-восстановительных реакций и нейтрализации АФК [9, 21].

Механизмом радиозащитного и радиотерапевтического действия изученных соединений является купирование звена непрямого действия гамма-излучения, в частности перекисных соединений, в том числе и на щитовидную железу. Система «глутатион-пероксидазы-тиоредоксин редуктазы», состоящая в том числе из селен зависимых протеинов влияет на пролиферацию и дифференцировку тиреоцитов, их апоптоз.

Кроме того, при повышенных дотациях йода в организме происходит синтез и накопление тиреоидных гормонов в фолликулах щитовидной железы в виде коллоида. Активация функциональной активности желёз, в том числе щитовидной, (инициируемая воздействием ионизирующей радиации) в период первичных реакций с последующим выраженным угнетением активности за счёт истощения запасов коллоида и интоксикации организма в период «разгара» заболевания является звеном опосредованного биологического воздействия гамма-излучения. Оно влияет на степень тяжести и сход заболевания [22]. Дотации данных микроэлементов в составе Монклавит-1 определили тиреостабилизирующий эффект, который проявлялся в уменьшении диаметра фолликулов на фоне увеличения высоты фолликулярного эпителия щитовидной железы,

что свидетельствует о сохранении функциональной активности органа. Описанные изменения микроморфометрических показателей щитовидной железы облучённых животных контрольной и подопытных групп коррелируют с данными динамики концентрации тиреоидных гормонов (свободного тироксина и общего трийодтиронина) в сыворотке периферической крови крыс при остром радиационном поражении на фоне применения ДАФС-25 и Монклавит-1, описанной в предыдущей работе [23].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

Комбинированное применение ДАФС-25 в дозе 1,3 мг/кг за 3 часа до общего, внешнего, однократного воздействия  $\gamma$ -излучения в дозе 7,0 Гр с последующим десятикратным внутрижелудочным введением Монклавит-1 предварительно смешанным с водой в соотношении 1:1, общим объёмом 1,0 мл на 100 грамм живой массы, с интервалом 48 ч способствует снижению концентрации МДА в крови животных в период первичных реакций и восстановления в среднем на 21 и 30 % соответственно относительно аналогичного показателя у контрольных животных.

Применение ДАФС-25 и Монклавит-1 обеспечивало уменьшение диаметра фолликулов на 37 % на фоне увеличения высоты фолликулярного эпителия на 57 % относительно животных контрольной группы, что определяет сохранение функциональной активности щитовидной железы к 30 суткам после воздействия ионизирующей радиации.

Комбинация селен-содержащей кормовой добавки ДАФС-25 и йодсодержащего препарата Монклавит-1 обеспечивает эутиреоидный статус за счёт защиты щитовидной железы от действия перекисных соединений и сохранения высокой функциональной активности органа в период «разгара» острого радиационного поражения, как следствие, является механизмом реализации радиозащитного действия.

**EVALUATION OF CHANGES IN THE CONCENTRATION OF MALONDIALDEHYDE AND THE FUNCTIONAL STATE OF THE THYROID IN ACUTE RADIATION DAMAGE AGAINST THE BACKGROUND OF THE USE OF DAPS-25 AND MONCLAVIT-1**

**Brevnova S.A.** \* – Postgraduate student of the Department of Veterinary Radiobiology Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State University of Veterinary Medicine»

\* sonya-24.96@mail.ru

**Acknowledgmen:** the materials were prepared within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2021 "Conducting foundation scientific research and search for scientific research by individual scientific groups" (Agreement No. 22-16-20007 of 25.03.2022).

**ABSTRACT**

The search for formulations of radioprotective agents with different mechanisms of action is one of the promising areas in radiobiology. One of the components of the body's antioxidant system are glutathione peroxidases, selenium-dependent proteins capable of neutralizing reactive oxygen species and inhibiting lipid peroxidation. In addition, selenium is involved in the metabolism of thyroid hormones and the maintenance of cellular homeostasis of thyrocytes. The thyroid gland is involved in the regulation of metabolism, and also affects the functioning of many body systems. Consequently, the course and outcome of radiation pathology will depend on the functional state of the thyroid gland. Iodine is required for the synthesis of thyroid hormones. DAPS-25 is a feed additive for farm animals containing diacetophenonyl selenide (mass fraction of selenium is 25%). Monclavit-1 is a veterinary drug containing iodine in the form of a polymer complex. The combined use of selenium and iodine as a radioprotective agent is currently poorly understood. Thus, the purpose of this work was to evaluate changes in the concentration of malondialdehyde and the functional state of the thyroid gland in

acute radiation injury against the background of the use of DAPS-25 and Monclavit-1.

In order to conduct the experiment on the principle of pairs of analogues, 5 groups of animals were formed, 10 individuals each. The determination of the concentration of malondialdehyde was carried out by the colorimetric method. The material selected for histological examination was fixed in a formalin solution, then dehydrated, paraffinized, and stained with hematoxylin-eosin.

The use of DAPS-25 and Monclavit-1 contributes to a decrease in the concentration of malondialdehyde in the blood of irradiated animals and a relative restoration of the histological structure of the thyroid gland on the 30th day of the experiment.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Barrera, G. Lipid Peroxidation-Derived Aldehydes, 4-Hydroxynonenal and Malondialdehyde in Aging-Related Disorders / G. Barrera, S. Pizzimenti, M. Daga [et al.] // *Antioxidants* (Basel). – 2018. – Vol. 7. – №8. – P. 102. doi: 10.3390/antiox7080102.
2. Daniele Del Rio. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress / Daniele Del Rio, J. A. Stewart, N. Pellegrini // *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. – 2005. – Vol. 15. – №4. – P. 316–328.
3. Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*. 2000;408(6809):239–247. doi: 10.1038/35041687
4. Nathan, C. Beyond oxidative stress: an immunologist's guide to reactive oxygen species. / C. Nathan, A. Cunningham-Bussel // *Nat Rev Immunol*. – 2013. – Vol. 13. – №5. – P. 349–361. doi: 10.1038/nri3423.
5. Карпенко, Л. Ю. Оценка влияния применения йод- и селенсодержащих препаратов на биохимический статус коров в биогеохимической провинции / Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, К. П. Иванова // *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. – 2023. – № 1. – С. 126-128. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.1.126.
6. Tsikas, D. Assessment of lipid peroxida-

- tion by measuring malondialdehyde (MDA) and relatives in biological samples: Analytical and biological challenges. / D. Tsikas // *Anal Biochem.* – 2017. – №524. – P. 13–30. doi: 10.1016/j.ab.2016.10.021.
7. Weismann, D. Complement factor H binds malondialdehyde epitopes and protects from oxidative stress. / D. Weismann, K. Hartvigsen, N. Lauer [et al.] // *Nature.* – 2011. Vol. 478(7367). – P. 76–81. doi: 10.1038/nature10449.
8. Niki, E. Lipid peroxidation: physiological levels and dual biological effects. / E. Niki // *Free Radic Biol Med.* – 2009. – Vol. 47. – №5. P. 469–484. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2009.05.032.
9. Wang, F. Selenium and thyroid diseases. / F. Wang, C. Li, S. Li [et al.] // *Front Endocrinol (Lausanne).* – 2023. – Vol.14. – P. 1133000. doi: 10.3389/fendo.2023.1133000.
10. Влияние препаратов йода и селена на течение и исход острого радиационного поражения / Р. О. Васильев, И. С. Драчев, Н. Ю. Югатова [и др.] // *Радиационная биология. Радиоэкология.* – 2021. – Т. 61, № 5. – С. 480–491. – DOI 10.31857/S0869803121050106.
11. Михайлов П.П., Коровкина Э.П. Методических указаний по доклиническому изучению радиопротекторных свойств фармакологических веществ // *Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ* / Под ред. Р.У. Хабриева. 2-е изд. М.: Медицина, 2005. С. 724–429.
12. Влияние комбинированного применения ДАФС-25к и "Монклавит-1" на клиническое проявление острого радиационного поражения у крыс / Р. О. Васильев, Е. И. Трошин, Н. Ю. Югатова, С. А. Бревнова // *Ветеринарный врач.* – 2021. – № 4. – С. 69–76. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-4-69-76.
13. Выбор дозы препарата для доклинического исследования: межвидовой перенос доз / Е.В. Шекунова, М.А. Ковалева, М.Н. Макарова [и др.] // *Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения.* – 2020. –Т. 10 – № 1. – С. 19–28.
14. Trenz, T.S. Going Forward and Back: The Complex Evolutionary History of the GPx. / T.S. Trenz, C.L. Delaix, A.C. Turchetto-Zolet [et al.] // *Biology (Basel).* – 2021. – Vol.10. – №11. – P. 1165. doi: 10.3390/biology10111165.
15. Anipchenko, P.S. The state of the antioxidant system in cows at different densities of radioactive contamination of the soil / P. S. Anipchenko, R. M. Vasilev, V. N. Gaponova [et al.] // . – 2020. – Vol. 34, No. S1. – P. 05122. – DOI 10.1096/fasebj.2020.34.s1.05122.
16. Васильев, Р.О. Патоморфологические изменения в органах у мышей при длительном внутрижелудочном введении "Монклавит-1" / Р.О. Васильев, Е. И. Трошин, Н.Ю. Югатова // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии.* – 2018. – № 2. – С. 91–95.
17. Аметов, А.С. Про- и антиоксидантная система у больных гипотиреозом и ее изменения под влиянием препаратов липоевой кислоты / А.С. Аметов, Е.С. Белоножкина, И.И. Павлюченко, А.А. Басов // *Проблемы эндокринологии.* – 2007. – № 2 (53). – С. 49 – 54.
18. Попова, О.С. Влияние фитобиотического комплекса на лабораторных животных / О.С. Попова, В.А. Барышев // *Международный вестник ветеринарии.* – 2018. – № 2. – С. 60–64.
19. Кузьмин, В.А. Терапевтическая эффективность комплексных препаратов на основе наносеребра / В.А. Кузьмин, А.М. Лунегов, А.В. Кудрявцева [и др.] // *Иппология и ветеринария.* – 2014. – № 3(13). – С. 61–64.
20. Лыгденов, Д.В. Влияние органических форм йода и цинка на соотношение прооксидантных и антиоксидантных систем организма при йодной недостаточности / Д.В. Лыгденов, Е.В. Сордонова, С.Д. Жамсаранова // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология.* – 2017. – № 7 (4). – С. 36–43.
21. Васильев, Р.О. Структурные и функциональные изменения в щитовидной железе крыс, подвергнутых общему гамма-облучению на фоне препаратов йода / Р.О. Васильев, Е.И. Трошин // *Ветеринар-*

ный врач. – 2015. – № 1. – С. 37-43.

22. Функциональная активность щитовидной железы крыс при остром радиационном поражении на фоне применения жидкой кормовой добавки "ActiveMix VMG-500" / Р. О. Васильев, А. В. Шишкин, А. Н. Куликов [и др.] // Ветеринарный врач. – 2022. – № 4. – С. 7-15. – DOI 10.33632/1998-698X.2021\_7\_15

23. Оценка динамики концентрации тиреоидных гормонов у крыс при воздействии гамма-излучения на фоне применения йод-, селен-содержащих кормовых добавок / Р. О. Васильев, Е. И. Трошин, С. А. Бревнова, Н. Ю. Югатова // Ильинские чтения 2022 : Сборник материалов школы-конференции молодых учёных и специалистов, Москва, 06–07 октября 2022 года. – Москва: Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, 2022. – С. 83-86.

## REFERENCES

1. Barrera, G. Lipid Peroxidation-Derived Aldehydes, 4-Hydroxynonenal and Malondialdehyde in Aging-Related Disorders / G. Barrera, S. Pizzimenti, M. Daga [et al.] // Antioxidants (Basel). – 2018. – Vol. 7. – №8. – P. 102. doi: 10.3390/antiox7080102.  
2. Daniele Del Rio. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress / Daniele Del Rio, J. A. Stewart, N. Pellegrini // Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. – 2005. – Vol. 15. – №4. – P. 316–328.  
3. Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. Nature. 2000;408(6809):239–247. doi: 10.1038/35041687  
4. Nathan, C. Beyond oxidative stress: an immunologist's guide to reactive oxygen species. / C. Nathan, A. Cunningham-Bussel // Nat Rev Immunol. – 2013. – Vol. 13. – №5. – P. 349–361. doi: 10.1038/nri3423.  
5. Karpenko, L. Ju. Ocenka vlijanija primenenija jod- i selenosoderzhashhih preparatov na biohimicheskij status korov v biogeo-

himicheskoy provincii / L. Ju. Karpenko, A. A. Bahta, K. P. Ivanova // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. – 2023. – № 1. – S. 126-128. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.1.126.

6. Tsikas, D. Assessment of lipid peroxidation by measuring malondialdehyde (MDA) and relatives in biological samples: Analytical and biological challenges. / D. Tsikas // Anal Biochem. – 2017. – №524. – P. 13–30. doi: 10.1016/j.ab.2016.10.021.

7. Weismann, D. Complement factor H binds malondialdehyde epitopes and protects from oxidative stress. / D. Weismann, K. Hartvigsen, N. Lauer [et al.] // Nature. – 2011. Vol. 478(7367). – P. 76–81. doi: 10.1038/nature10449.

8. Niki, E. Lipid peroxidation: physiological levels and dual biological effects. / E. Niki // Free Radic BiolMed. – 2009. – Vol. 47. – №5. P. 469–484. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2009.05.032.

9. Wang, F. Selenium and thyroid diseases. / F. Wang, C. Li, S. Li [et al.] // Front Endocrinol (Lausanne). – 2023. – Vol. 14. – P. 1133000. doi: 10.3389/fendo.2023.1133000.

10. Vlijanie preparatov joda i selena na techenie i ishod ostrogo radiacionnogo porazhenija / R. O. Vasil'ev, I. S. Drachev, N. Ju. Jugatova [i dr.] // Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. – 2021. – T. 61, № 5. – S. 480–491. – DOI 10.31857/S0869803121050106.

11. Mihajlov P.P., Korovkina Je.P. Metodicheskih ukazanij po doklinicheskomu izucheniju radioprotekturnyh svojstv farmakologicheskikh veshhestv // Rukovodstvo po jeksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniju novyh farmakologicheskikh veshhestv / Pod red. R.U. Habrieva. 2-e izd. M.: Medicina, 2005. S. 724–429.

12. Vlijanie kombinirovannogo primenenija DAFS-25k i "Monklavit-1" na klinicheskoe projavlenie ostrogo radiacionnogo porazhenija u krys / R. O. Vasil'ev, E. I. Troshin, N. Ju. Jugatova, S. A. Brevnova // Veterinarnyj vrach. – 2021. – № 4. – S. 69-76. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-4-69-76.

13. Vybor dozy preparata dlja doklinicheskogo issledovanija: mezhhidovoj perenos doz / E.V. Shekunova, M.A. Kovaleva, M.N. Makarova [i dr.] // Vedomosti Nauchno

- centra jekspertizy sredstv medicinskogo primeneniya. – 2020. – T. 10 – № 1. – S. 19–28.
14. Trenz, T.S. Going Forward and Back: The Complex Evolutionary History of the GPx. / T.S. Trenz, C.L. Delaix, A.C. Turchetto-Zolet [et al.] // *Biology* (Basel). – 2021. – Vol. 10. – № 11. – P. 1165. doi: 10.3390/biology10111165.
15. Anipchenko, P.S. The state of the antioxidant system in cows at different densities of radioactive contamination of the soil / P. S. Anipchenko, R. M. Vasilev, V. N. Gaponova [et al.] // . – 2020. – Vol. 34, No. S1. – P. 05122. – DOI 10.1096/fasebj.2020.34.s1.05122.
16. Vasil'ev, R.O. Patomorfologicheskie izmeneniya v organah u myshej pri dlitel'nom vnutrizheludochnom vvedenii "Monklavit-1" / R.O. Vasil'ev, E. I. Troshin, N. Ju. Jugatova // *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarии*. – 2018. – № 2. – S. 91–95.
17. Ametov, A.S. Pro- i antioksidantnaja sistema u bol'nyh gipotireozom i ee izmeneniya pod vlijaniem preparatov lipoevoj kisloty / A.S. Ametov, E.S. Belonozhkina, I.I. Pavljuchenko, A.A. Basov // *Problemy jendokrinologii*. – 2007. – № 2 (53). – S. 49–54.
18. Popova, O.S. Vlijanie fitobioticheskogo kompleksa na laboratornyh zhivotnyh / O.S. Popova, V.A. Baryshev // *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarии*. – 2018. – № 2. – S. 60–64.
19. Kuz'min, V.A. Terapevticheskaja jeffektivnost' kompleksnyh preparatov na osnove nanoserebra / V.A. Kuz'min, A.M. Lunegov, A.V. Kudrjavceva [i dr.] // *Ippologija i veterinarіia*. – 2014. – № 3(13). – S. 61–64.
20. Lygdenov, D.V. Vlijanie organicheskikh form joda i cinka na sootnoshenie prooksidantnyh i antioksidantnyh sistem organizma pri jednoj nedostatochnosti / D.V. Lygdenov, E.V. Sordonova, S.D. Zhamsaranova // *Izvestija vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija*. – 2017. – № 7(4). – S. 36–43.
21. Vasil'ev, R.O. Strukturnye i funkcion-al'nye izmeneniya v shhitovidnoj zheleze krysa, podvergnutyh obshhemu gammaoblucheniju na fone preparatov joda / R.O. Vasil'ev, E.I. Troshin // *Veterinarnyj vrach*. – 2015. – № 1. – S. 37–43.
22. Funkcional'naja aktivnost' shhitovidnoj zhelezy krysa pri ostrom radiaci-onnom porazhenii na fone primeneniya zhidkoj kormovoj dobavki "ActiveMix VMG-500" / R. O. Vasil'ev, A. V. Shishkin, A. N. Kulikov [i dr.] // *Veterinarnyj vrach*. – 2022. – № 4. – S. 7–15. – DOI 10.33632/1998-698X.2021\_7\_15
23. Ocenka dinamiki koncentracii ti-reoidnyh gormonov u krysa pri vozdejstvii gammaizlucheniya na fone primeneniya jod-, selenosoderzhashhih kormovyh dobavok / R. O. Vasil'ev, E. I. Troshin, S. A. Brevnova, N. Ju. Jugatova // *Il'inskie chteniya 2022 : Sbornik materialov shkoly-konferencii molodyh uchjonyh i specialistov*, Moskva, 06–07 oktjabrja 2022 goda. – Moskva: Gosudarstvennyj nauchnyj centr Rossijskoj Federacii - Federal'nyj medicinskij biofizicheskij centr imeni A.I. Bur-nazjana, 2022. – S. 83–86.





## БИОХИМИЯ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ

УДК: 611.14:611.61/.62:636.934.25/.26

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.224

### ХОД И ВЕТВЛЕНИЕ ЭКСТРАОРГАННЫХ ВЕН ОРГАНОВ МОЧЕОТДЕЛЕНИЯ У ПЕСЦА

**Щипакин М.В.** \*<sup>1</sup> – д. вет. н., проф. каф. анатомии животных (ORCID: 0000-0002-2960-3222), **Былинская Д.С.** <sup>1</sup> – к. вет. н., доц. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0001-9997-5630) **Мельников С.И.** <sup>1</sup> – к. вет. н., асс. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-0963-8751)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

\* m.shchipakin@yandex.ru

**Ключевые слова:** вена, песец, диаметр, клапаны, отток, почки, мочеточники, мочевой пузырь.

**Key words:** vein, arctic fox, diameter, valves, outflow, kidneys, ureters, bladder.

Поступила: 27.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



#### РЕФЕРАТ

При содержании пушных зверей необходимо учитывать то, что данные животные обладают повышенной двигательной активностью, когда находятся в естественном биогеоценозе. В связи с тем, что данные представители пушных зверей содержатся в условиях гиподинамии, это неизбежно может привести к изменениям в строении сердечно-сосудистой системы. Цель исследования – изучить особенности хода и ветвления экстраорганных вен органов мочеотделения у песца, определить морфометрические данные данных сосудов. Объектами для проведения данного исследования послужили трупы самок песцов двух возрастных групп: новорожденные и трех-четырех месяцев по пять штук в каждой группе. Для достижения поставленной задачи использовали комплекс традиционных анатомических методов исследования. По результатам исследования установили, что ход и ветвление экстраорганных сосудов органов мочеотделения у самок песцов различен. Основным оттоком крови от почек являются правая и левая почечные вены; от мочеточника – краниальная и каудальная ветви мочеточника; от верхушки мочевого пузыря – краниальная пузырная вена; от тела и дна мочевого пузыря – каудальная пузырная вена. Также необходимо отметить тесную взаимосвязь органов мочеотделения с системой репродукции, так как левая почечная вена сообщается с яичниковой. Помимо этого, нами установлено наличие редких клапанов в венах у мочеточников и мочевого пузыря, и отсутствием таковых в сосудах почек. Таким образом, исходя линейным параметрам, можно сделать вывод, что диаметр вен с ростом животного постепенно увеличивается, особенно к периоду созревания и интенсификации органов.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Пушное звероводство является перспективной и рентабельной отраслью агропромышленного комплекса Российской Федерации. Доходность этой отрасли заключается в относительно небольших производственных площадях содержания данных животных, а также лечебно-профилактических мероприятий, направленных на снижение поголовья причиняемых болезнями у пушных зверей, большая плодовитость, хорошее качество меха. При содержании пушных зверей необходимо учитывать то, что данные животные обладают повышенной двигательной активностью, когда находятся в естественном биогеоценозе. В связи с тем, что данные представители пушных зверей содержатся в условиях гиподинамии, это неизбежно может привести к изменениям в строении сердечно-сосудистой системы [1,2]. Кровеносная система любого органа живого организма представляет собой уникальную транспортную систему переноса крови по коллекторам. Данная система обладает органоспецифичностью гемомикроциркуляторных сетей, с которыми проходит весь путь онто- и филогенеза любого органа [3-7].

На основании вышеизложенного необходимо подробно и всесторонне изучать анатомо-адаптационные перестройки сосудистой системы органов мочеотделения у тех животных, которые находятся в условиях гиподинамии. В связи с этим мы поставили перед собой цель – изучить особенности хода и ветвления экстраорганных вен органов мочеотделения у песца, определить морфометрические данные данных сосудов [8].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследование проводили на кафедре анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». Кадаверный материал для исследования был доставлен на кафедру анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» со звероводческого хозяйства

Ленинградской области. Объектами для проведения данного исследования послужили трупы самок песцов двух возрастных групп: новорожденные и трех-четырёх месяцев по пять штук в каждой группе. Для достижения поставленной задачи использовали комплекс традиционных анатомических методов исследования: тонкое анатомическое препарирование под контролем стереоскопического микроскопа МБС-10, вазорентгенография, измерение диаметра вен с помощью компьютерной программы RadiAnt-2021.2.2-Setup. При описании анатомических терминов использовали Международную ветеринарную анатомическую номенклатуру [9-11].

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате исследования было установлено, что пути оттока венозной крови из почек у песцов обеих групп осуществляется по правой и левой почечным венам (v. renalis dexter et sinister), которая впадает в каудальную полую вену (v. cava caudalis). Угол впадения правой почечной вены составляет около 60-63° между вторым и третьим поясничными позвонками, а левой почечной вены – на уровне четвертого поясничного позвонка под углом 65-66°. Диаметр правой почечной вены у новорожденных щенков в среднем составляет –  $0,07 \pm 0,01$  мм, а левой –  $0,08 \pm 0,01$  мм. Диаметр правой почечной вены у трех-четырёх месячных щенков в среднем составляет –  $0,15 \pm 0,02$  мм, а левой –  $0,18 \pm 0,01$  мм. В почечные вены впадают вены из прилегающих тканей и органов, а именно в виде тонких ветвей от капсулы почки, мочеточника, а в левую почечную вену помимо этих сосудов у самок впадает яичниковая вена. В почечных венах клапанов нами не обнаружено. При анализе морфометрических данных, пришли к выводу, что во второй возрастной группе щенков 3-4 месяцев диаметр правой почечной вены увеличивается в среднем на 2,14 раза по сравнению с первой возрастной группой, а диаметр левой почечной вены увеличивается в среднем в 2,25 раза соответственно.

Отток крови от мочеточников осуществляется по краниальной и каудальной венам мочеточника (*v. uretericus cranialis et caudalis*). Данные вены располагаются на вентральной поверхности мочеточника. От них выходит несколько тонких ветвей, которые образуют краниальную ветвь, которая впадает в почечную вену (*v. renalis*), а также каудальную ветвь, идущую в краниальную пузырную вену (*v. vesicalis cranialis*). Краниальная и каудальная ветви между собой образуют анастомоз в средней трети мочеточника. При исследовании нами были установлены редкие двукармашковые клапаны. Диаметр краниальной и каудальной вен мочеточника у новорожденных щенят в среднем составляет  $0,02 \pm 0,01$  мм, а у щенков трех-четырех месяцев жизни данный показатель равен  $0,04 \pm 0,01$  мм. При анализе морфометрических данных, пришли к выводу, что во второй возрастной группе щенков 3-4 месяцев диаметр краниальной и каудальной вен мочеточника увеличивается в среднем на 2,00 раза по сравнению с первой возрастной группой.

Отток крови от мочевого пузыря осуществляется разными сосудами в зависимости от его частей. От верхушки мочевого пузыря кровь собирается в краниальную пузырную вену (*v. vesicalis cranialis*), а от тела и дна данного органа отводит в каудальную пузырную вену (*v. vesicalis caudalis*). Данные вены проходят параллельно с одноименными артериями и впадают в мочеполовую вену (*v. urogenitalis*), которая в дальнейшем переходит во внутреннюю подвздошную вену (*v. iliaca interna*). При исследовании нами были установлены редкие двукармашковые клапаны. Диаметр краниальной пузырной вены у новорожденных щенков в среднем составляет  $0,02 \pm 0,01$  мм, а каудальной –  $0,03 \pm 0,01$  мм. Диаметр краниальной пузырной вены у щенков трех-четырех месяцев в среднем составляет  $0,03 \pm 0,01$  мм, а каудальной –  $0,04 \pm 0,01$  мм. При анализе морфометрических данных, пришли к выводу, что во второй возрастной группе щенков 3-4 месяцев диаметр краниальной пузырной вены увеличивается в

среднем в 1,50 раза по сравнению с первой возрастной группой, а диаметр каудальной пузырной вены увеличивается в среднем в 1,33 раза соответственно.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

По результатам исследования мы установили, что ход и ветвление экстраорганных сосудов органов мочеотделения у самок песцов различен. Основным оттоком крови от почек являются правая и левая почечные вены; от мочеточника – краниальная и каудальная ветви мочеточника; от верхушки мочевого пузыря – краниальная пузырная вена; от тела и дна мочевого пузыря – каудальная пузырная вена. Также необходимо отметить тесную взаимосвязь органов мочеотделения с системой репродукции, так как левая почечная вена сообщается с яичниковой. Помимо этого, нами установлено наличие редких клапанов в венах у мочеточников и мочевого пузыря, и отсутствием таковых в сосудах почек. Таким образом, исходя линейным параметрам, можно сделать вывод, что диаметр вен с ростом животного постепенно увеличивается, особенно к периоду созревания и интенсификации органов.

Полученные данные расширяют видение на классическую ветеринарную анатомию венозного кровоснабжения органов мочеотделения и являются теоретической основой для дальнейших исследований.

#### THE COURSE AND BRANCHING OF THE EXTRAORGAN VEINS OF THE ORGANS OF URINATION IN THE ARCTIC FOX

**Shchipakin M.V.** \* <sup>1</sup> – Doctor of Vet. n., Prof. kaf. animal anatomy (ORCID: 0000-0002-2960-3222), **Bylinskaya D.S.** <sup>1</sup> – Candidate of Veterinary Sciences, assoc. kaf. animal anatomy (ORCID 0000-0001-9997-5630) **Melnikov S.I.** <sup>1</sup> – Candidate of Veterinary Sciences, ass. kaf. Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-0963-8751) St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

### ABSTRACT

When keeping fur-bearing animals, it is necessary to take into account that these animals have increased motor activity when they are in natural biogeocinosis. Due to the fact that these representatives of fur-bearing animals are kept in conditions of inactivity, this can inevitably lead to changes in the structure of the cardiovascular system. The purpose of the study is to study the features of the course and branching of extraorgan veins of the organs of urination in Arctic foxes, to determine the morphometric data of these vessels. The objects for this study were the corpses of female arctic foxes of two age groups: newborns and three to four months, five in each group. To achieve this task, a set of traditional anatomical research methods was used. According to the results of the study, it was found that the course and branching of the extraorgan vessels of the organs of urination in female arctic foxes is different. The main outflow of blood from the kidneys are the right and left renal veins; from the ureter – the cranial and caudal branches of the ureter; from the tip of the bladder – the cranial cystic vein; from the body and the bottom of the bladder is the caudal cystic vein. It is also necessary to note the close relationship of the organs of urination with the reproductive system, since the left renal vein communicates with the ovarian. In addition, we have established the presence of rare valves in the veins of the ureters and bladder, and the absence of such in the vessels of the kidneys. Thus, based on linear parameters, it can be concluded that the diameter of the veins gradually increases with the growth of the animal, especially by the period of maturation and intensification of organs.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Былинская, Д. С. Анатомия органов репродукции самки нутрии (*Myocastor coypus*) / Д. С. Былинская, Д. В. Васильев // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение и актуальные проблемы ветеринарной медицины: Сборник материалов международной научно-практической конференции "От

инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК", Екатеринбург, 18–19 февраля 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 47–48. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43358271>

Щипакин, М. В. Возрастные закономерности васкуляризации органов тазовой конечности и тазовой полости хорь золотистого: специальность 16.00.02: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Щипакин Михаил Валентинович. – Санкт-Петербург, 2007. – 17 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15855724>

Маленьких, Н. А. Венозная васкуляризация туловища свиньи породы ландрас / Н. А. Маленьких, С. И. Мельников // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны: материалы XI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 24–25 ноября 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – С. 251–252. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50219367>

Масленицын, К. О. Особенности венозного русла мочевого пузыря у коз англо-нубийской породы / К. О. Масленицын, В. А. Хватов, М. В. Щипакин // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : Материалы X юбилейной международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной году науки и технологий, Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – С. 230–231. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47598566>

Масленицын, К. О. Венозная васкуляризация почек у коз англо-нубийской породы в возрастном аспекте / К. О. Масленицын, М. В. Щипакин // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 127–130. – DOI

10.17238/issn2072-6023.2021.2.127. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46196556>

Глушонок, С. С. Морфологические особенности репродуктивной системы кур-несушек кросса Декалб Уайт в 200-дневном возрасте / С. С. Глушонок, В. А. Хватов // Научные основы развития АПК : Сборник научных трудов по материалам XXIV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Томск, 24 апреля – 10 мая 2022 года. – Томск-Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2022. – С. 105-107. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49540751>

Глушонок, С. С. Васкуляризация почек у бройлера кросса росс-308 / С. С. Глушонок // Актуальные вопросы ветеринарной медицины: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедр клинической диагностики, внутренних болезней животных им. Синева А.В., акушерства и оперативной хирургии, Санкт-Петербург, 29–30 сентября 2022 года / Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – С. 35-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49992415>

Аникиенко, И. В. Анатомия и физиология сердечно-сосудистой системы животных: Рекомендовано к изданию научно-методическим советом ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ (протокол №2 от 25.01.2021 г.) / И. В. Аникиенко, Н. И. Рядинская, В. Н. Тарасевич. – Москва: Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2021. – 223 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49510630>

Melnikov, S. Methods for studying the ductus venosus in animals / S. Melnikov, D. Bylinskaya, N. Zelenevskiy [et al.] // . – 2022. – Vol. 36, No. S1. – P. 3727. – DOI 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3727.

Зеленевский, К. Н. Метод билатеральной рентгенографической визуализации сосудистого русла объёмных органов позво-

ночных животных / К. Н. Зеленевский, Н. В. Зеленевский, Д. С. Былинская // Иппология и ветеринария. – 2018. – № 4(30). – С. 81-84. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37633026>

Архитектоника кровеносных сосудов дуги аорты, чревной и надпочечниковых артерий байкальской нерпы / Н. И. Рядинская, И. В. Аникиенко, А. А. Молькова [и др.] // Морфология. – 2020. – Т. 158, № 4-5. – С. 53-59. – DOI 10.34922/AE.2020.158.4.008. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43955412>

## REFERENCES

1. Bylinskaya D. S., Vasiliev D. V. Anatomy of the reproductive organs of the female nutria (*Myocastor coypus*) // From inertia to development: scientific and innovative support and current problems of veterinary medicine: A collection of materials of the international scientific and practical conference "From inertia to development: scientific and innovative support of agriculture", Yekaterinburg, February 18-19, 2020. – Yekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2020:47-48. (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43358271>
2. Shchipakin, M. V. Age-related patterns of vascularization of pelvic limb organs and pelvic cavity of the golden horus: specialty 16.00.02: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Veterinary Sciences – St. Petersburg, 2007:17 (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15855724>
3. Malykh, N. A. Venous vascularization of the trunk of a Landrace pig / N. A. Malykh, S. I. Melnikov // Knowledge of the young for the development of veterinary medicine and the agro-industrial complex of the country: materials of the XI International Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists, St. Petersburg, November 24-25, 2022. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022:251-252. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50219367>
4. Maslenitsyn, K. O. Features of the venous bed of the bladder in goats of the Anglo-



- Nubian breed / K. O. Maslenitsyn, V. A. Khvatov, M. V. Shchipakin // Knowledge of the young for the development of veterinary medicine and agriculture of the country: Materials of the X anniversary international scientific conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the year of science and technology, St. Petersburg, November 23-24, 2021. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021:230-231. (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47598566>
5. Maslenitsyn, K. O. Venous vascularization of kidneys in goats of Anglo-Nubian breed in age aspect / K. O. Maslenitsyn, M. V. Shchipakin // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2021:2:127-130. – DOI 10.17238/issn2072-6023.2021.2.127. (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46196556>
6. Glushonok, S. S. Morphological features of the reproductive system of laying hens of the Dekalb White cross at the age of 200 days / S. S. Glushonok, V. A. Khvatov // Scientific foundations of the development of agriculture: A collection of scientific papers based on the materials of the XXIV All-Russian (national) scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, Tomsk, April 24 – 10, 2022. Tomsk-Novosibirsk: Publishing Center of Novosibirsk State Agrarian University "Golden Ear", 2022:105-107. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49540751>
7. Glushonok, S. S. Vascularization of the kidneys in the broiler cross ross-308 / S. S. Glushonok // Topical issues of veterinary medicine: materials of the international scientific conference dedicated to the 100th anniversary of the Departments of clinical diagnostics, internal diseases of animals. Sineva A.V., Obstetrics and operative Surgery, St. Petersburg, September 29-30, 2022 / St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022:35-37. (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49992415>
8. Anikienko, I. V. Anatomy and physiology of the cardiovascular system of animals: Recommended for publication by the Scientific and Methodological Council of the Irkutsk State Agrarian University (Protocol No. 2 of 25.01.2021) / I. V. Anikienko, N. I. Ryadinskaya, V. N. Tarasevich. – Moscow: Publishing and Bookselling Center "Koloss", 2021:223 (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49510630>
9. Melnikov, S. Methods for studying the ductus venosus in animals / S. Melnikov, D. Bylinskaya, N. Zelenevskiy [et al.] //2022:36:S1:3727. – DOI 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3727.
10. Zelenevsky, K. N. Method of bilateral radiographic visualization of the vascular bed of the volumetric organs of vertebrates / K. N. Zelenevsky, N. V. Zelenevsky, D. S. Bylinskaya // Hippology and veterinary medicine. – 2018:4(30):81-84. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37633026>
11. Architectonics of blood vessels of the aortic arch, abdominal and adrenal arteries of the Baikal seal / N. I. Ryadinskaya, I. V. Anikienko, A. A. Molkova [et al.] // Morphology. 2020:158:4-5:53-59. – DOI 10.34922/AE.2020.158.4.008. (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43955412>

УДК: 636.32/.38: 591.471.4+ 615.216.2  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.230

## АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МАНДИБУЛЯРНОЙ АНЕСТЕЗИИ У ОВЕЦ

**Иванцов В.А.** \* – к. биол. н., доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова, (ORCID 0000-0002-4308-8255), **Слесаренко Н.А.** – д. биол. н., проф. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова (ORCID 0000-0002-8350-5965), ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина

\* ivancov@mgavm.ru

**Ключевые слова:** мелкий рогатый скот, мандибулярная анестезия, нижнечелюстной канал, ветеринарная стоматология

**Keywords:** small cattle, mandibular anesthesia, mandibular canal, veterinary dentistry

Поступила: 13.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В данном исследовании представлено анатомо-топографическое обоснование выполнения мандибулярной анестезии у овец. Исследование проведено на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А. Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина». Объектом исследования послужили овцы романовской породы (n=20) в возрасте 1-2 лет без выраженных признаков патологии зубочелюстного аппарата. Материалом для исследования являлись нижние челюсти (n=20) и обзорные рентгенограммы области головы (n=20). Для реализации поставленной цели применяли комплексный методический подход, включающий: анатомическое препарирование и макроморфометрию с определением скелетотопических и линейных параметров нижней челюсти. Мандибулярная анестезия является одной из распространенных манипуляций в стоматологии животных. Для качественного проведения анестезии нижнечелюстной ветви тройничного нерва важно учитывать топические ориентиры структур, образующих нижнечелюстной канал. На основании результатов макроморфометрии и рентгенограмметрии представлены скелетотопические ориентиры отверстий, образующих нижнечелюстной канал, которые важно учитывать при проведении анестезии нижнего альвеолярного нерва. Сравнительный анализ морфометрических и рентгенограмметрических параметров верхней и нижней челюстей не выявил достоверных различий по их линейным показателям, что свидетельствует о высокой информативности метода рентгенодиагностики при оценке морфофункционального состояния челюстных костей и расположенных на них каналов. Полученные результаты могут использоваться при разработке новых доступов к нижнечелюстной ветви тройничного нерва при выполнении местной анестезии в ветеринарной и экспериментальной стоматологии.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Мандибулярная анестезия является одной из распространенных манипуляций в стоматологии животных [5, 8, 9]. Несмотря на ее простоту, данная процедура при неправильном выполнении, сопряжена с рисками повреждения органов ротовой полости. Для качественного проведения анестезии нижнечелюстной ветви тройничного нерва важно учитывать топические ориентиры структур, образующих нижнечелюстной канал. Несмотря на имеющиеся работы в данной сфере, многие аспекты этой проблемы являются не до конца изученными [7, 10, 13]. Так, сведения о топических ориентирах отверстий, образующих нижнечелюстной канал у представителей семейства Bovidae, фрагментарны. Вместе с тем, недостаточная изученность данного вопроса не может гарантировать качественного проведения данной манипуляции в экспериментальной стоматологии [8-15].

Цель исследования – представить анатомо-топографическое обоснование выполнения мандибулярной анестезии у овец.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования выполнено на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА имени К.И. Скряби-

на. Объектом исследования являлись овцы романовской породы (n=20) в возрасте 1-2 лет без выраженных признаков патологии зубочелюстного аппарата. Материалом для исследования служили нижние челюсти (n=20) и обзорные рентгенограммы области головы (n=20). Возраст животных определяли по методике Ш. Корневена и Ф.-К. Лесбра, (2011).

Использовали комплексный методический подход, включающий: анатомическое препарирование и макроморфометрию с определением следующих скелетотопических и линейных параметров нижней челюсти (рис. 1 а, б): от альвеолы 4-ого резца к подбородочному отверстию, от вентрального края тела нижней челюсти к подбородочному отверстию, от каудального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию, от вентрального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию, от альвеолы последнего моляра к нижнечелюстному отверстию.

Обзорную рентгенографию костного остова головы у изучаемых овец выполняли на аппарате Orange 1040HFc последующей дешифровкой полученной информации и рентгенограмметрией в сертифицированной программе «RadiAnt» (рис. 2 в). Статистическую обработку полученных цифровых данных проводили по общепринятой методике [2].

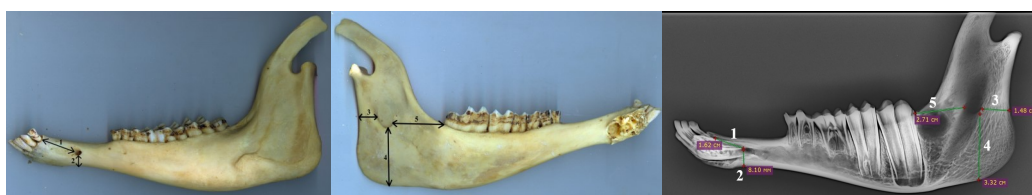


Рис. 1 Скелетотопические ориентиры нижней челюсти у овец. Макпрепарат:  
а – латеральная поверхность; б – медиальная поверхность; в – обзорная рентгенограмма.

1 – линейный параметр от альвеолы 4-ого резца к подбородочному отверстию; 2 – линейный параметр от вентрального края тела нижней челюсти к подбородочному отверстию; 3 – линейный параметр от каудального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию; 4 – линейный параметр от вентрального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию; 5 – линейный параметр от альвеолы последнего моляра к нижнечелюстному отверстию.

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Общеизвестно, что мандибулярная анестезия открывает доступ к манипуляциям с зубами на нижней челюсти без применения общего наркоза, сложно выполнимого у жвачных животных [8, 9].

Для определения топических ориентиров блокады нижнего альвеолярного нерва у овец нами были установлены анатомические особенности отверстий, образующих нижнечелюстной канал (табл. 1).

При обезболивании резцовой группы зубов, которая представляет наибольший интерес в экспериментальной стоматологии [3, 4, 6], важным ориентиром являются анатомические и топические особенности подбородочного отверстия (рис. 2). Установлено, что у овец оно одиночное, овальной ямкообразной формы и проецируется в области беззубого края - между 4-ым резцом и 1-ым премоляром.

**Таблица 1**  
**Скелетотопические ориентиры отверстий нижнечелюстного канала у овец, мм**

| Параметры                                                             | Результаты макроморфометрии |          | Результаты рентгенограмметрии |          |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|-------------------------------|----------|
|                                                                       | П                           | Л        | П                             | Л        |
| От альвеолы 4-ого резца к подбородочному отверстию                    | 16,0±1,7                    | 14,8±1,9 | 15,6±1,2                      | 14,9±0,9 |
| От вентрального края тела нижней челюсти к подбородочному отверстию   | 7,8±0,7                     | 8,1±1,3  | 7,2±0,5                       | 7,5±0,8  |
| От каудального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию  | 15,1±1,0                    | 15,1±0,8 | 16,0±1,2                      | 15,8±1,2 |
| От вентрального края ветви нижней челюсти к нижнечелюстному отверстию | 36,3±2,0                    | 36,6±1,7 | 37,2±1,4                      | 37,0±1,7 |
| От альвеолы последнего моляра к нижнечелюстному отверстию             | 30,2±1,1                    | 30,5±1,1 | 33,2±2,1                      | 32,7±1,9 |

Различия между сравниваемыми величинами не достоверны ( $P \geq 0,05$ )



*Рис. 2 Тело нижней челюсти у половозрелой (1 год) овцы: а – макропрепарат; б – обзорная рентгенограмма. Область локализации подбородочного отверстия указана стрелкой.*

В случае анестезии зубов жевательной группы, основным топическим ориентиром является нижнечелюстное отверстие (рис. 3), имеющее полуовальную выпуклую форму и располагающееся на медиальной поверхности ветви нижней челюсти.

Сравнительный анализ макроморфометрических и рентгенограмметрических параметров верхней и нижней челю-

стей не выявил достоверных различий ( $P \geq 0,05$ ), что свидетельствует о высокой информативности метода рентгенодиагностики в оценке морфофункционального состояния челюстных костей и расположенных на них каналов.

Полученные нами скелетотопические ориентиры отверстий нижней челюсти важно учитывать при выполнении мандибулярной анестезии у мелких жвач-

ных при различных хирургических вмешательствах на органах ротовой полости в связи со сложностью их проведения и

анестезиологическими рисками при применении общего наркоза.

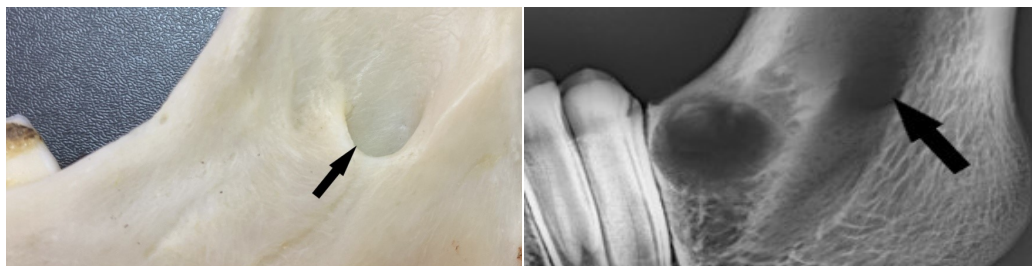


Рис. 3 Ветвь нижней челюсти у половозрелой (1 год) овцы: а – макропрепарат; б – обзорная рентгенограмма. Область локализации нижнечелюстного отверстия указана стрелкой.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании результатов макроскопической морфометрии и рентгенограмметрии представлены скелетотопические ориентиры отверстий, образующих нижнечелюстной канал, которые необходимо учитывать при проведении мандибулярной анестезии. Полученные результаты являются базовыми в разработке новых доступов к нижнему альвеолярному нерву при выполнении местной анестезии в ветеринарной и экспериментальной стоматологии.

#### ANATOMICO-TOPOGRAPHIC SUBSTANTIATION OF MANDIBULAR ANESTHESIA IN SHEEP

Ivantsov V.A. \*– Candidate of Biology, Associate Professor of the Faculty. Anatomy and histology of animals named after Professor A. F. Klimov, (ORCID 0000-0002-4308-8255), Slesarenko N.A. – Doctor of Biology, Prof. kaf. anatomy and histology of animals named after Professor A. F. Klimov (ORCID 0000-0002-8350-5965)

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – M. I. Skryabin MBA.

#### ABSTRACT

This study presents an anatomical and topographic justification for performing mandibular anesthesia in sheep. The study was conducted on the basis of the Department of Anatomy and Histology of Animals

named after Professor A. F. Klimov of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Scriabin. The object of the study was sheep of the Romanov breed (n=20) aged 1-2 years without pronounced signs of pathology of the dental apparatus. The material for the study was the lower jaws (n=20) and survey radiographs of the head area (n=20). To achieve this goal, a comprehensive methodological approach was used, including: anatomical dissection and macromorphometry with the determination of skeletotopic and linear parameters of the mandible. Mandibular anesthesia is one of the most common manipulations in animal dentistry. For high-quality anesthesia of the mandibular branch of the trigeminal nerve, it is important to take into account the topical landmarks of the structures forming the mandibular canal. Based on the results of macromorphometry and rengenogrammetry, skeletotopic landmarks of the holes forming the mandibular canal are presented, which are important to take into account when performing anesthesia of the lower alveolar nerve. Comparative analysis of morphometric and rengenogrammetric parameters of the upper and lower jaws did not reveal significant differences in their linear parameters, which indicates the high informative value of the X-ray diagnostic method in assessing the morphofunctional state of the jaw bones



and the channels located on them. The results obtained can be used in the development of new approaches to the mandibular branch of the trigeminal nerve during local anesthesia in veterinary and experimental dentistry.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Корневен, Ш. Распознавание возраста по зубам и производным эпителия: Лошади, коровы, собаки... / Ш. Корневен, Ф.-К. Лесбр. - 3-е изд. - М.: Книжный дом «Либроком», 2011. - 256 с.
2. Методология научного исследования / Н. А. Слесаренко и [др.]; под ред. Н. А. Слесаренко. - СПб.: Лань, 2017. - 268 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29785046>
3. Оптимизация репаративного дентиногенеза при экспериментальном остеопорозе / Быкова Н. И. и др. // Стоматология. - 2017. - Т. 96. - № 6. - С. 4-8. Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=9137](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9137)
4. Патоморфологические изменения в пульпе зуба при искусственной гипертермии / А. Г. Сирак и др. // Журнал анатомии и гистопатологии., 2016. - Т. 5. - № 3. - С. 63-67.
5. Слесаренко, Н. А. Топографо-анатомическое обоснование выполнения мандибулярной анестезии у представителей семейства Canidae / Н. А. Слесаренко, В. А. Иванцов // Иппология и ветеринария., 2020. - №2 (36). - С. 190-195. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42734360>
6. Стимуляция репаративного дентиногенеза после витальной ампутации пульпы зуба в эксперименте / М. Ю. Вафиади // Медицинский вестник Северного Кавказа., 2019. - Т. 14. - № 1-2. - С. 171-176.
7. Теленков, В. Н. Сравнительная анатомия костей скелета головы косули сибирской и овцы домашней / В. Н. Теленков, М. В. Маркова, Э. В. Баданова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства., 2015. - Т. 1. - № 8. - С. 532-535. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24861567>
8. Ewing, K. K. Anesthesia techniques in sheep and goat / K. K. Ewing // Veterinary Clinics of North America: Food Animal Pract. 1990. - V. 6 - № 3. - P. 759-778.
9. Hodgkinson, O. Practical anaesthesia and analgesia in sheep, goats and calves/ O. Hodgkinson L. Dawson // In Practice /. - 2007. - № 20. - P. 596-603.
10. The Lower Jawbone of Mehraban Sheep: A Descriptive Morphometric Approach / I. Karimi et al. // World's Vet. J. - № 2(4). - P. 57-60.
11. The sheep head model for educational purposes in periodontal and oral surgery for dental undergraduates / L. C. Pedersen et al. - The Arctic University of Norway, 2018. - 48 p.
12. Veterinary anatomy of domestic animals - 7th ed. / Horst Erich König, Hans-Georg Liebich - Georg Thieme Verlag KG., 2020. - 858 p.
13. Анатомия верхнечелюстной кости рыси евразийской / Д. С. Былинская, М. В. Щипакин, Н. В. Зеленовский, Д. В. Васильев // Аграрное образование и наука - в развитии животноводства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного работника сельского хозяйства РФ, почетного работника ВПО РФ, лауреата государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Любимова Александра Ивановича. В 2-х томах., Ижевск, 20 июля 2020 года. Том I. - Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. - С. 260-262. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43146121>
14. Ветви наружной сонной артерии овец романовской породы / М. В. Щипакин, Н. В. Зеленовский, А. В. Прусаков [и др.] // Иппология и ветеринария. - 2018. - № 4 (30). - С. 128-131. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37633035>
15. Источники артериального кровоснабжения верхней челюсти у коз зааненской породы / Н. В. Зеленовский, М. В. Щипакин, Д. С. Былинская [и др.] // Современные проблемы морфологии: Материалы научной конференции, посвященной памяти академика РАН, профессора Льва

Львовича Колесникова, Москва, 10 декабря 2020 года. – Москва: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2020. – С. 79-82. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44646908>

#### REFERENCES

1. Korneven, Sh. Age recognition by teeth and epithelial derivatives: Horses, cows, dogs / Sh. Korneven, F.-K. Lesbr. - 3rd ed. - M.: Book House "Librocom", 2011:256. (In Russ.)
2. Methodology of scientific research / H. A. Slesarenko and [others]; edited by H. A. Slesarenko. - St. Petersburg: Lan, 2017:268. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29785046>
3. Optimization of reparative dentinogenesis in experimental osteoporosis / Bykova N. I. et al. // Dentistry. 2017;96:6:4-8. (In Russ.) URL: [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=9137](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9137)
4. Pathomorphological changes in the tooth pulp during artificial hyperthermia / A. G. Sirak et al. // Journal of Anatomy and Histopathology., 2016:5:3:63-67. (In Russ.)
5. Slesarenko, N. A. Topographic and anatomical justification of performing mandibular anesthesia in representatives of the Canidae family / N. A. Slesarenko, V. A. Ivantsov // Hippology and veterinary medicine., 2020:2 (36):190-195. (In Russ.)URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42734360>
6. Stimulation of reparative dentinogenesis after vital amputation of the tooth pulp in an experiment / M. Yu. Vafiadi // Medical Bulletin of the North Caucasus., 2019:14:1-2:171-176. (In Russ.)
7. Telenkov, V. N. Comparative anatomy of the bones of the skeleton of the head of Siberian roe deer and domestic sheep / V. N. Telenkov, M. V. Markova, E. V. Badanova // Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding., 2015:1:8:532-535. (In Russ.)URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24861567>
8. Ewing, K. K. Anesthesia techniques in sheep and goat / K. K. Ewing // Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 1990:6:3:759-778.
9. Hodgkinson, O. Practical anaesthesia and analgesia in sheep, goats and calves/ O. Hodgkinson L. Dawson // In Practice /. 2007:20:596-603.
10. The Lower Jawbone of Mehraban Sheep: A Descriptive Morphometric Approach / I. Karimi et al. // World's Vet. J. 2(4):57-60.
11. The sheep head model for educational purposes in periodontal and oral surgery for dental undergraduates / L. C. Pedersen et al. – The Arctic University of Norway, 2018:48.
12. Veterinary anatomy of domestic animals – 7th ed. / Horst Erich König, Hans-Georg Liebich - Georg Thieme Verlag KG., 2020:858.
13. Anatomy of the maxillary bone of the Eurasian lynx / D. S. Bylinskaya, M. V. Shchipakin, N. V. Zelenevsky, D. V. Vasiliev // Agrarian education and science – in the development of animal husbandry: Materials of the International scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of the Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Honorary Worker of the Higher Educational Institution of the Russian Federation, laureate of the State Prize of UR, Rector of the Izhevsk State Agricultural Academy, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Alexander Ivanovich Lyubimov. In 2 volumes., Izhevsk, July 20, 2020. Volume I. – Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2020:260-262. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43146121>
14. Branches of the external carotid artery of Romanov sheep / M. V. Shchipakin, N. V. Zelenevsky, A.V.Prusakov [et al.]// Hippology and veterinary medicine.2018:4(30):128-131. (In Russ.)URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37633035>
15. Sources of arterial blood supply to the upper jaw in Zaanen goats / N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, D. S. Bylinskaya [et al.] // Modern problems of morphology: Materials of a scientific conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor Lev Lvovich Kolesnikov, Moscow, December 10, 2020. – Moscow: Publishing and Printing Center "Scientific Book", 2020:79-82. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44646908>

УДК: 591.147: 636.8

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.236

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ У КОШЕК РАЗНЫХ ВОЗРАСТОВ

Малыхин А.С. \* – аспирант; Мерзленко Р.А. – д.вет. н., профессор  
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина».

\*andrey31-1956@yandex.ru

**Ключевые слова:** кошки, щитовидная железа, тиреотоксикоз, гиперадrenокортицизм, тиреотропный гормон, надпочечники, адrenокортикотропный гормон, кортизол.

**Keywords:** cats, thyroid gland, thyroxine, triiodothyronine, thyroid-stimulating hormone, adrenals, adrenocorticotrophic hormone, cortisol.

Поступила: 06.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Изучение секреторной активности желез внутренней секреции является одним из основных методов оценки их функционального состояния и здоровья животных в целом. В проведенном опыте изучали активность тиреоидных и кортикостероидных гормонов у 138 здоровых кошек в возрасте от 1 года до 14 лет разных пород и полов. В сыворотке крови подопытных животных

определили концентрацию тироксина общего и свободного, трийодтиронина общего и свободного, адrenокортикотропного гормона и кортизола иммуноферментным методом. Результаты исследования показали, что концентрация тиреоидных и кортикостероидных гормонов в сыворотке крови у кошек заметно различается в зависимости от возраста. функциональная активность коры надпочечников максимальна у кошек в возрасте от 5 месяцев до 1 года (первая группа). Так, по сравнению с данной группой уровень АКТГ в сыворотке крови кошек второй группы (1-3 года) достоверно снизился на 15,8 % ( $p \leq 0,05$ ), третьей (3-6 лет) и четвертой (животные старше 6 лет) на 37,7 и 22,1%, соответственно ( $p \leq 0,01$ ). Также выявлено достоверное снижение концентрации кортизола у животных в третьей и четвертой группах на 22,1 и 26,8%, соответственно по сравнению с первой группой ( $p \leq 0,01$ ). Наименьшая функциональная активность щитовидной железы и коры надпочечников наблюдается у кошек в возрасте от 6 лет и старше. Наибольшая функциональная активность коры надпочечников наблюдается у кошек в возрасте от 5 месяцев до 1-го года. Полученные данные позволяют с большей эффективностью выявлять нарушения в работе щитовидной железы и надпочечников у животных с учетом возрастных изменений.

### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Функциональное состояние эндокринных желез является главным инди-

катором активности и здоровья животных. Для оценки функционального состояния желез внутренней секреции необхо-

можно знать уровень их гормонов. К основным эндокринным железам, регулирующим метаболизм, рост и развитие тканей относится щитовидная железа и кора надпочечников. Они секретируют тиреоидные и кортикостероидные гормоны – одни из основных регуляторов физиологических процессов в организме. Гормоны щитовидной железы и коры надпочечников отвечают за обмен веществ и энергии, координируют рост и развитие органов, принимают участие в иммунных реакциях [4, 5, 10, 11]. Щитовидная железа вырабатывает тиреоидные гормоны двух типов: тироксин ( $T_4$ ) и трийодтиронин ( $T_3$ ). Синтез тироксина и трийодтиронина происходит под воздействием тиреотропного гормона (ТТГ). В крови 99% тироксина и трийодтиронина связываются с белками плазмы, поэтому в свободной форме остаётся менее 1%. Именно свободная форма является биологически активной и регулирует все биохимические реакции [2]. Среди патологий щитовидной железы у кошек чаще всего встречается тиреотоксикоз. Тиреотоксикоз – заболевание, характеризующееся стойким повышением тиреоидных гормонов в крови. Причиной тиреотоксикоза может быть, как деструкция в самой щитовидной железе, так и патология на гипоталамо-гипофизарном уровне. В клинической ветеринарии тиреотоксикоз встречается у каждой четвертой кошки и с каждым годом наблюдается тенденция к его увеличению [1]. Рядом исследователей установлена взаимосвязь функционального состояния щитовидной железы и коры надпочечников, а также сопутствующие патологии при тиреотоксикозе [3, 7, 8]. Одной из них является гипернадренкортицизм. Гипернадренкортицизм или Синдром Кушинга – патология, связанная с нарушением синтеза гормонов коры надпочечников, глюкокортикоидов. Основным глюкокортикоидом, концентрация которого повышается при синдроме Кушинга является кортизол. Регулирует выделение кортизола адренкортикотропный гормон задней доли гипофиза по принципу обратной отрицательной связи.

Гипернадренкортицизм чаще всего обнаруживается среди кошек молодого возраста, но встречается и у взрослых питомцев [9]. Для диагностики тиреотоксикоза, синдрома Кушинга и других заболеваний щитовидной железы и коры надпочечников крайне важно знать функциональную характеристику данных желез в здоровом состоянии. Для этого необходимо понимать концентрацию тиреоидных и кортикостероидных гормонов не только в общей, но и в свободной форме. Уровень гормонов эндокринных желез у кошек зависит от многих индивидуальных факторов. К ним относится: порода, возраст, пол [12]. На данный момент получено мало сведений, касающихся функциональной активности щитовидной железы и коры надпочечников у кошек. Изучены только породистые различия [6]. Целью настоящей работы явилось изучение динамики функционального состояния щитовидной железы и коры надпочечников у кошек в зависимости от возраста.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

Изучение функционального состояния щитовидной железы и коры надпочечников кошек разных возрастов проходило с августа 2020 г. по сентябрь 2021 г. в ветеринарных клиниках Белгородской области. Исследование проводилось на 138 здоровых кошках частных владельцев, возрастом от 1 года до 14 лет. В ходе исследования изучены уровни гормонов щитовидной железы и надпочечников у животных следующих пород: персидская, абиссинская, сиамская, сфинкс, мейн-кун, британская длинношерстная. Состав группы исследования подбирался согласно возрастной специфике животных и в связи с разным темпераментом пород. Концентрацию гормонов в крови определяли твёрдофазным иммуноферментным анализом. Все кошки были клинически здоровы. Для подтверждения здорового статуса подопытных животных перед взятием крови собирали анамнез, проводили клинический осмотр пальпацию щитовидной железы, общий и биохимический анализ крови. Затем определяли концентра-

цию тироксина общего с помощью набора реагентов «Т4-КС-ИФА», тироксина свободного «свТ4-КС-ИФА», трийодтиронина общего «Т3-КС-ИФА», трийодтиронина свободного «свТ3-КС-ИФА», адренотропного гормона «АКТН-КС-ИФА» и кортизола «Кортизол-КС-ИФА» в сыворотке крови. ИФА широко применяется в лабораторной диагностике для определения различных соединений у животных и человека. Впервые же этим методом установлена возрастная особенность функционального состояния щитовидной железы и коры надпочечников данного вида животных. Результаты исследований подвергали математической обработке методики Г. Ф. Лакина при помощи компьютерной программы SPSS

28.0 с вычислением средних арифметических (М), их среднестатистических ошибок (m) и критерия достоверности (p); цифровые данные оценивали с применением критерия Фишера и Стьюдента. Различия считали достоверными при  $p \leq 0,05$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Первым этапом нашего исследования было изучение динамики показателей содержания гормональной щитовидной железы в сыворотке крови кошек в зависимости от возраста. Полученные результаты отображены в таблице 1.

Исследования показали, что концентрация тиреоидных и кортикостероидных гормонов в сыворотке крови у кошек заметно различается в группах.

**Таблица 1**  
**Динамика концентрация тиреоидных гормонов в сыворотке крови**  
**клинически здоровых кошек в зависимости от возраста, n=138**

| Группа, № | Период возраста               | Т <sub>4</sub> общ., нмоль/л | Т <sub>4</sub> св., нмоль/л | Т <sub>3</sub> общ., нмоль/л | Т <sub>3</sub> св., пг/мл |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1. n=31   | От 5 месяцев до 1 года (n=15) | 36,55±1,56                   | 44,98±1,64                  | 1,41±0,14                    | 1,76±0,17                 |
| 2. n=39   | От 1 года до 3 лет (n=20)     | 28,14±1,41**                 | 33,56±1,12**                | 1,36±0,08                    | 1,62±0,15                 |
| 3. n=35   | От 3 до 6 лет (n=23)          | 27,68±1,92*                  | 32,08±1,27**                | 1,33±0,09                    | 1,64±0,12                 |
| 4. n=33   | От 6 лет и старше (n=16)      | 20,28±1,89***                | 18,33±1,62***               | 1,21±0,21                    | 1,32±0,24                 |

\* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$  – разница статистически достоверна в сравнении с предыдущим показателем (возраст от 5 месяцев до 1-го года).

Исследования показали, что концентрация тиреоидных гормонов в сыворотке крови у кошек заметно различается в группах. Так, максимальная концентрация тироксина общего и тироксина свободного наблюдалась у кошек в возрасте от 5 месяцев до 1 года и составила соответственно 36,55±1,56 и 44,98 ±1,12 нмоль/л. После 1 года у кошек отмечается постепенное снижение концентрации тироксина, однако в возрасте от 1 до 3 лет и от 3 до 6 лет его содержание наиболее стабильно и составляет: с 1 года до 3 лет тироксина общего 28,14±1,41 нмоль/л, тироксина

свободного 33,56±1,12 нмоль/л, что достоверно ниже от предыдущих показателей на 23,0 и 25,4 % соответственно (при  $p \leq 0,01$  в обоих случаях); от 3 до 6 лет - тироксина общего 27,68±1,92 нмоль/л, тироксина свободного 32,08±1,27 нмоль/л или соответственно ниже предыдущих показателей на 24,3 % ( $p \leq 0,05$ ) и 28,7 % ( $p \leq 0,01$ ).

У кошек от 6 лет и старше отмечено более значительное достоверное снижение количества в сыворотке крови общего тироксина на 44,5 %, тироксина свободного – на 59,2 % (при  $p \leq 0,001$  в обоих случаях). По концентрации трийодтиронина общего и трийодтиронина свободно-



го достоверных различий не отмечалось, но также, как и по тироксину, с увеличением возраста кошек отмечена тенденция к снижению его содержания. Так, в возрасте от 5 месяцев до 1 года концентрация в сыворотке крови трийодтиронина общего  $1,41 \pm 0,14$  нмоль/л, трийодтиронина свободного  $1,76 \pm 0,17$  пг/мл, а в возрасте от 6 лет и старше  $-1,21 \pm 0,21$  нмоль/л и  $1,32 \pm 0,24$  пг/мл соответственно.

При анализе функционального состояния коры надпочечников также выявлены различия между группами в содержании кортикостероидных гормонов в сыворотке крови подопытных животных (таблица 2). Из данных таблицы 2 видно, что максимальный уровень АКТГ и кортизола отмечен в сыворотке крови кошек в воз-

расте от 5 месяцев до 1 года и составил  $45,45 \pm 1,88$  нмоль/л и  $42,61 \pm 1,85$  пмоль/л соответственно.

После года у кошек отмечается достоверная тенденция снижения содержания данных гормонов. Так, по сравнению с предыдущим периодом, уровень АКТГ сыворотки крови у кошек в возрасте от 1 до 3 лет достоверно снизился на 15,8 % ( $p \leq 0,05$ ), от 3 до 6 лет – 37,7 % ( $p \leq 0,001$ ), от 6 лет и старше – на 22,1 % ( $p \leq 0,01$ ).

Также выявлено достоверное снижение концентрации кортизола в сыворотке крови у кошек в возрасте от 3 до 6 лет и старше 6-ти лет на 22,1 и 26,8%, соответственно (при  $p \leq 0,01$  в обоих случаях) по сравнению с предыдущим возрастным периодом (от 5 месяцев до 1 года).

**Таблица 2**

**Динамика концентрации кортикостероидных гормонов  
в сыворотке крови клинически здоровых кошек  
в зависимости от возраста, n = 138**

| Группа, № | Возраст             | АКТГ, нмоль/л         | Кортизол общий, пмоль/л |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1. n = 31 | 5 месяцев до 1 года | $45,45 \pm 1,88$      | $42,61 \pm 1,85$        |
| 2. n = 39 | 1 год до 3 лет      | $38,28 \pm 1,64^*$    | $40,27 \pm 2,02$        |
| 3. n = 35 | 3 года до 6 лет     | $28,31 \pm 1,07^{**}$ | $33,20 \pm 1,16^{**}$   |
| 4. n = 33 | 6 лет и старше      | $35,40 \pm 1,12^{**}$ | $31,21 \pm 0,80^{**}$   |

\* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$  – разница статистически достоверна в сравнении с показателями второй группы

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что функциональная активность коры надпочечников максимальна у кошек в возрасте от 5 месяцев до 1 года (первая группа). Так, по сравнению с данной группой уровень АКТГ в сыворотке крови кошек второй группы (1-3 года) достоверно снизился на 15,8 % ( $p \leq 0,05$ ), третьей (3-6 лет) и четвертой (животные старше 6 лет) на 37,7 и 22,1%, соответственно (при  $p \leq 0,01$  в обоих случаях). Также выявлено достоверное снижение концентрации кортизола у животных третьей и четвертой групп на 22,1 и 26,8%, соответственно (при  $p \leq 0,01$  в обоих случаях) по сравнению с первой груп-

пой.

Различия в концентрации общей и свободной формы тиреоидных гормонов вероятно связаны с влиянием тироксина-связывающих белков крови, так как данные белки напрямую влияют на показатели свободной формы гормонов и определяют роль щитовидной железы в биохимических процессах. Разница между показателями тироксина и трийодтиронина определяется вероятно концентрацией, селен-зависимой монодейодиназы, ферментом, под воздействием которого тироксин конвертируется в периферических тканях в трийодтиронин. А различия в концентрации адрендокортикотропного гормона и кортизола характеризуют по-

нашему мнению функционирование обратной отрицательной связи между аде-ногипофизом и корой надпочечников. Снижение показателей тиреоидных и кортикостероидных гормонов вероятно свидетельствуют об инволюционных процессах, происходящих в щитовидной железе и коре надпочечников ввиду старения организма животного.

Полученные нами результаты существенно отличаются от известных показателей тиреоидных и кортикостероидных гормонов в литературных источниках. Актуальные литературные данные характеризуются только усредненными показателями, которые не учитывают исследуемые нами возрастную и породистую специфику и представляются в ограниченной форме – в виде диапазона референсных значений для всех кошек.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Исследованиями установлено, что возраст оказывает значительное влияние на концентрацию тиреоидных и кортикостероидных гормонов в крови кошек и на функциональную активность щитовидной железы и коры надпочечников. Наименьшая функциональная активность щитовидной железы и коры надпочечников наблюдается у кошек в возрасте от 6 лет и старше. Наибольшая функциональная активность коры надпочечников наблюдается у кошек в возрасте от 5 месяцев до 1-го года. С помощью полученных показателей тиреоидных и кортикостероидных гормонов стало возможным осуществление диагностики тиреотоксикоза, гипотиреоза, болезни Кушинга и Аддисона у кошек по возрастам. При уровне гормонов ниже полученных значений диагностируют гипотиреоз и болезнь Аддисона, а при уровне гормонов выше данных показателей диагностируют тиреотоксикоз и болезнь Кушинга. Полученные значения служат маркером здорового состояния эндокринных желез при мониторинге гормональной терапии щитовидной железы и коры надпочечников.

#### COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE THYROID GLAND AND THE ADRENAL CORTEX IN CATS OF DIFFERENT AGES

**Malykhin A.S.** \* – PhD student, **Merzlenko R.A.** – D V M, Professor.

FGBOU VO “Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin”

\*andrey31-1956@yandex.ru

#### ABSTRACT

The study of the secretory activity of the endocrine glands is one of the main methods for assessing their functional state and the health of animals in general. In the experiment, we studied the activity of thyroid and corticosteroid hormones in 20 healthy cats aged 1 to 14 years of different breeds and sexes. In the blood serum of the experimental animals, the concentration of total and free thyroxine, total and free triiodothyronine, adrenocorticotrophic hormone and cortisol was determined by the enzyme immunoassay. The results of the study showed that the concentration of thyroid and corticosteroid hormones in the blood serum of cats differs markedly depending on age. the functional activity of the adrenal cortex is maximal in cats aged 5 months to 1 year (first group). Thus, in comparison with this group, the level of ACTH in the blood serum of cats of the second group (1-3 years old) significantly decreased by 15.8% ( $p \leq 0.05$ ), the third (3-6 years old) and the fourth (animals over 6 years old). ) by 37.7 and 22.1%, respectively ( $p \leq 0.01$ ). Also revealed a significant decrease in the concentration of cortisol in animals in the third and fourth groups by 22.1 and 26.8%, respectively, compared with the first group ( $p \leq 0.01$ ). The least functional activity of the thyroid gland and adrenal cortex is observed in cats aged 6 years and older. The greatest functional activity of the adrenal cortex is observed in cats aged from 5 months to 1 year. The data obtained make it possible to more effectively detect disorders in the functioning of the thyroid and adrenal glands in animals, taking into account age-related changes.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баранов В.Г. Руководство по клинической эндокринологии. - М., 2006. - С. 405-409.
2. Глод, Д.Ю. Сравнительная морфофункциональная характеристика щитовидной железы у плотоядных: автореф. дисс. ...

канд. биол. наук: 16.00.02 / Глод Денис Юрьевич; МГАВМиБим.К.И.Скрябина. М., 2009.–17 с.

3. Дедов И.И. Эндокринология / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, В.В. Фадеев. – Изд-во ЛитТерра, 2020. – 416 с.

4. Клиническая диагностика внутренних болезней животных/С.П. Ковалев и др.//С-Пб., Лань, 2021. – 544 с.

5. Курдеко, А.П. Методы диагностики болезней сельскохозяйственных животных / А.П. Курдеко и др. / Санкт-Петербург, 2021. – 208 с.

6. Мальных, А.С. Сравнительная оценка концентрации гормонов щитовидной железы и коры надпочечников у кошек разных пород/ А.С. Мальных, Р.А. Мерзленко //Международный вестник ветеринарии. – 2021. - № 1. – С. 268-273.

7. Мейер, Д. Ветеринарная лабораторная медицина. Интерпретация и диагностика. Пер. с англ. / Д. Мейер, Дж. Харви. – М.: Софион, 2007. – 456 с.

8. Пилов, А.Х. Морфологическая и функциональная характеристика щитовидной железы домашних животных / А.Х. Пилов; Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия // Вестник РАСХН. - 2003. - №3. - С. 62-63.

9. Эндокринология и метаболизм / под ред. Ф. Фелиг и др.; пер. с англ. - М., 2004. — Т. 1. – 1024 с.

10. Эндокринология и репродукция собак и кошек / Эдвард Фелдмен, Ричард Нелсон; пер. с англ. с 3-его изд. В. И. 11. Кандрора [и др.] под ред. А. В. Ткачева-Кузьмина, Ю.М.Кеда при участии М. Д. Гроздовой. - Москва: Софион, 2008. - 1242 с.

11. Olson, P.N. Reproductive endocrinology and physiology of the bitch and queen / P.N. Olson, P.W.Husted, T.A. Allen, T.M. Nett / Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. – 2004. – N 14. –P. 927-946.

12. Robert, E Shiel. Assessment of criteria used by veterinary practitioners to diagnose hypothyroidism in sighthounds and investigation of serum thyroid hormone concentrations in healthy Salukis, JAVMA Vol. 236, No 3, February 1, 2010.

## REFERENCES

1. Baranov V.G. Guide to clinical endocrinology. - M., 2006. - P. 405-409.

2. Glod, D.Yu. Comparative morphofunctional characteristics of the thyroid gland in carnivores: Abstract of the thesis. diss. ... cand. biol. Sciences: 16.00.02 / Glod Denis Yurievich; MGAVMiBim.K.I.Scriabin. M., 2009.–17 p.

3. Dedov I.I. Endocrinology / I.I. Dedov, G.A. Melnichenko, V.V. Fadeev. - LitTerra Publishing House, 2020. - 416 p.

4. Clinical diagnosis of internal animal diseases / S.P. Kovalev et al.//S-Pb., Lan, 2021. - 544 p.

5. Kurdeko, A.P. Methods for diagnosing diseases of agricultural animals / A.P. Kurdeko and others / St. Petersburg, 2021. - 208 p.

6. Malykhin, A.S. Comparative assessment of the concentration of thyroid hormones and adrenal cortex in cats of different breeds / A.S. Malykhin, R.A. Merzlenko // International Veterinary Bulletin. - 2021. - №. 1. - P. 268-273.

7. Meyer, D. Veterinary laboratory medicine. Interpretation and diagnostics. Per. from English. / D. Meyer, J. Harvey. – M.: Sofion, 2007. – 456 p.

8. Pilov, A.Kh. Morphological and functional characteristics of the thyroid gland of domestic animals / A.Kh. Pilov; Kabardino-Balkarian State Agricultural Academy // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2003. - №. 3. - P. 62-63.

9. Endocrinology and metabolism / ed. F. Felig and others; per. from English. - M., 2004. - T. 1. - 1024 p.

10. Endocrinology and reproduction of dogs and cats / Edward Feldman, Richard Nelson; per. from English. from the 3rd ed. V. I. Kandrora [and others] ed. A. V. Tkacheva-Kuzmina, Yu. M. Keda with the participation of M. D. Grozdova. - Moscow: Sofion, 2008. - 1242 p.

11 Olson, P.N. Reproductive endocrinology and physiology of the bitch and queen / P.N. Olson, P. W. Husted, T. A. Allen, T.M. Nett / Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. - 2004. - N 14. -R. 927-946.

12. Robert, E Shiel. Assessment of criteria used by veterinary practitioners to diagnose hypothyroidism in sighthounds and investigation of serum thyroid hormone concentrations in healthy Salukis, JAVMA Vol. 236, No 3, February 1, 2010.

УДК: 616-008.82:612.014.463:636.71: 636.8.045  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.242

## ОЦЕНКА ЭТИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЧИН РАЗВИТИЯ ГИПЕРКАЛИЕМИИ У СОБАК

Карпенко Л.Ю. – д.биол.н., проф. (ORCID 0000-0002-2781-5993), Козицына А.И.\* – канд.вет.н. (ORCID: 0000-0003-3005-0968), Бахта А.А. – канд.биол.н., доц. (ORCID 0000-0002-5193-2487)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

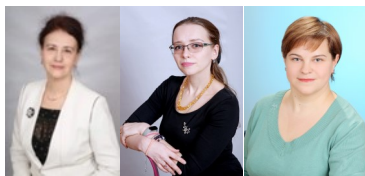
\*anna.kozitzyna@yandex.ru

**Ключевые слова:** собаки, крупные породы, мелкие породы, электролиты, калий.  
**Key words:** dogs, canine, large breeds, small breeds, electrolytes, potassium

Поступила: 04.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



**РЕФЕРАТ** Гиперкалиемия является маркером множества нарушений у разных видов животных и птиц, приводящих к значительному числу патофизиологических отклонений. Однако у собак нет литературных данных об особенностях метаболизма калия и этиологических причин развития гиперкалиемии у разных пород, особенно при учете значительных различий размеров и условий

содержания. Цель представленного исследования заключалась в выявлении оценки частоты встречаемости этиологических причин, приводящих к развитию гиперкалиемии у собак разных пород на территории г. Санкт-Петербурга с последующей статистической обработкой полученных результатов.

В представленном исследовании был проведен анализ биохимических показателей крови собак мелких пород (йоркширский терьер, той-терьер, померанский шпиц, такса, цвергпинчер, чихуахуа, ши-тцу), крупных пород (лабрадор ретривер, немецкая овчарка, далматин, американский стаффордширский терьер, среднеазиатская овчарка, хаски), поступивших в частную ветеринарную клинику г. Санкт-Петербурга в летне-осенний период.

Установлено, что к наиболее часто встречающимся причинам гиперкалиемии у собак мелких пород относится хроническая болезнь почек (25%), онкологические болезни (18%), инфекционные процессы (пиометра) (14%), болезни сердца (14%). У собак крупных пород основную роль в развитии гиперкалиемии играют болезни мочевыделительной системы – 24% (из них хроническая болезнь почек – 14%, острая почечная недостаточность 5%, бактериальный цистит 5%), эндокринопатии – 19% (из них сахарный диабет 14%, гипотериоз 5%), онкологические болезни (19%), ортопедические нарушения (19%), неврологические нарушения (14%).

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одним из основных факторов функционирования организма является способность клеток поддерживать разность концентрации ионов на мембране клетки. Важным компонентом данного равновесия является калий – внутриклеточный катион. Именно с целью поддержания оптимального заряда, а также создания осмотического давления, в организме поддерживается оптимальный уровень калия – за счет регуляции поступления и выведения его из организма [1, 2]. Смещение заряда или изменение осмотического давления приведет к нарушению работы ферментативных ансамблей и возможной гибели [3].

Гиперкалиемия является маркером множества нарушений у разных видов животных и птиц [4, 5, 6], приводящих к значительному числу патофизиологических отклонений [2]. Однако у собак нет литературных данных об особенностях метаболизма калия и этиологических причин развития гиперкалиемии у разных пород, особенно при учете значительных различий размеров и условий содержания.

В представленном исследовании был проведен анализ биохимических показателей крови собак мелких пород (Йоркширский терьер, той-терьер, померанский шпиц, такса, цвергпинчер, чихуахуа, ши-тцу), крупных пород (лабрадор ретривер, немецкая овчарка, далматин, американский стаффордширский терьер, среднеазиатская овчарка, хаски), поступивших в частную ветеринарную клинику г. Санкт-Петербурга в летнее-осенний период. Цель представленного исследования заключалась в выявлении оценки частоты встречаемости этиологических причин, приводящих к развитию гиперкалиемии у собак разных пород на территории г. Санкт-Петербурга с последующей статистической обработкой полученных результатов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

В представленном исследовании был проведен анализ биохимических показате-

телей крови 28 собак мелких пород и 21 собак крупных пород, поступивших в частную ветеринарную клинику г. Санкт-Петербурга в летнее-осенний период. Средний вес и возраст собак мелких пород составили  $4,90 \pm 2,82$  кг (минимальное значение веса 1,2 кг, максимальное значение веса 14,55 кг) и  $10,22 \pm 3,14$  лет (минимальное значение возраста 1 год 3 месяца, максимальное значение возраста 15 лет 1 месяц). Средний вес и возраст собак крупных пород составили  $34,47 \pm 9,34$  кг (минимальное значение веса 20,4 кг, максимальное значение веса 54,1 кг) и  $7,49 \pm 3,22$  лет (минимальное значение возраста 1 год, максимальное значение возраста 14 лет). При отборе животных главным показателем служило наличие гиперкалиемии (уровень калия в крови более 5,2 ммоль/л). При оценке были использованы градации: легкая гиперкалиемия (при концентрации калия в сыворотке крови 5,2-6,2 ммоль/л), умеренная гиперкалиемия (при концентрации калия в сыворотке крови 6,2-7,5 ммоль/л) и тяжелая степень гиперкалиемии (при концентрации калия в сыворотке крови более 7,5 ммоль/л) [7, 2].

В сыворотке крови определяли уровень общего белка, альбумина, глобулина, мочевины, креатинина, билирубина, глюкозы, калия, кальция, фосфора, натрия, хлора а также активность ферментов аланинаминотрансферазы (АлАт), аспартатаминотрансферазы (АсАт) и щелочной фосфатазы. Исследование биохимических показателей проводилось по общепринятым методикам. В стабилизированной крови определяли показатели гематокрита, гемоглобина, количества эритроцитов и лейкоцитов, также по общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных данных включала вычисление среднего арифметического, определение стандартного отклонения, расчет достоверности по Стьюденту и выявление корреляционных зависимостей между показателями по методу рангов (Спирмена) с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2007.



## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При оценке уровня калия во всей выборке собак – легкая степень гиперкалиемии наблюдалась в 78% случаев ( $n=38$ ,  $5,59\pm0,26$  ммоль/л), умеренная гиперкалиемия в 18% случаев ( $n=9$ ,  $6,60\pm0,32$  ммоль/л), тяжелая степень гиперкалиемии наблюдалась в 4% случаев ( $n=2$ ,  $7,73\pm0,18$  ммоль/л). При оценке по породным группам выявлены следующие закономерности. У собак мелких пород легкая степень гиперкалиемии наблюдалась в 78% случаев ( $n=22$ ,  $5,54\pm0,22$  ммоль/л), умеренная гиперкалиемия в 18% случаев ( $n=5$ ,  $6,56\pm0,35$  ммоль/л), тяжелая степень гиперкалиемии наблюдалась в 4% случаев ( $n=1$ ,  $7,55$  ммоль/л). У собак крупных пород легкая степень гиперкалиемии наблюдалась в 76% случаев ( $n=16$ ,  $5,67\pm0,30$  ммоль/л), умеренная гиперкалиемия в 19% случаев ( $n=4$ ,  $6,65\pm0,28$  ммоль/л), тяжелая степень гиперкалиемии наблюдалась в 5% случаев ( $n=1$ ,  $7,9$  ммоль/л).

У собак мелких пород гиперкалиемия сопровождала хроническую болезнь почек (25%), онкологические болезни (18%), инфекционные процессы (пиометра) (14%), болезни сердца (14%), панкреатит (11%), болезни печени (7%), неврологические нарушения (7%), болезни зубов (7%), остеопороз (4%), беременность (4%), болезни верхних дыхательных путей (4%). У собак крупных пород гиперкалиемия сопровождала болезни мочевыделительной системы – 24% (из них хроническая болезнь почек – 14%, острая почечная недостаточность 5%, бактериальный цистит 5%), эндокринопатии – 19% (из них сахарный диабет 14%, гипотериоз 5%), онкологические болезни (19%), ортопедические нарушения (19%), неврологические нарушения (14%), болезни сердца (5%), инфекционный процесс – гнойное воспаление культи матки (5%).

Летальный исход в течение 7 дней после постановки диагноза наблюдался в 18% случаев у собак мелких пород ( $n=5$ ) и в 19% случаев у собак крупных пород ( $n=4$ ). В 2 случаях у собак мелких пород и

в 2 случаях у собак крупных пород была проведена эвтаназия по решению владельцев, исходя из неблагоприятных прогнозов. Наиболее частыми причинами летального исхода у собак мелких пород была хроническая болезнь почек ( $n=2$ , в обоих случаях проведена эвтаназия по показаниям), в остальных случаях смерть наступила вследствие онкологического заболевания ( $n=1$ ), гнойного процесса (пиометры,  $n=1$ ), острого панкреатита ( $n=1$ ). Наиболее частыми причинами летального исхода у собак крупных пород было онкологическое заболевание ( $n=2$ , в обоих случаях проведена эвтаназия по показаниям), хроническая болезнь почек ( $n=1$ ) и сахарный диабет ( $n=1$ ).

При корреляционной оценке значительных зависимостей между показателем калия и другими параметрами у собак мелких пород выявлено не было. Наиболее высокой зависимостью была положительная корреляция умеренной степени между показателем калия и уровнем билирубина сыворотки крови (0,37). Примечательно, что при сравнении уровня билирубина с уровнями натрия и хлора – была выявлена отрицательная корреляция высокой степени (-0,78 и -0,83). Подобные изменения электролитов наиболее вероятно говорят о смещении кислотно-щелочного равновесия в большинстве состояний, сопровождающих гиперкалиемию, а также о соразмерном нарушении функции печени и желчевыводящих путей, связанной с нарушением работы желудочно-кишечного тракта [8]. При оценке показателей крови собак крупных пород степень корреляции между показателем уровня калия крови и билирубином корреляция более значимой силы и также положительная (0,73), а также положительная заметная степень корреляции между уровнем калия и уровнями активности аланинаминотрансферазы (0,67) и аспартатаминотрансферазы (0,69). Это в свою очередь еще более значимо указывает на степень нарушения работы гепатобилиарной системы, желудочно-кишечного тракта у собак крупных пород, особенно если обратить внимание на ча-

стоту встречаемости сахарного диабета в этой группе животных. Эти закономерности наиболее вероятно связаны с развитием метаболического ацидоза, что также приводит к развитию гипонатриемии и гипохлоремии [9]. К причинам метаболического ацидоза можно отнести повышение уровня молочной кислоты, кетоновых тел в крови, почечную недостаточность и потери бикарбонатов через желудочно-кишечный тракт и при почечной секреции.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Одним из необходимых элементов для основного тканевого и клеточного функционирования является калий. Он необходим всем клеткам организма, как незаменимый компонент работы возбудимых тканей, поддержания осмотического давления, создания разности потенциалов мембраны клетки. Повышение уровня калия в крови косвенно отражает состояние возбудимых тканей организма и может потенциально привести к гибели животного [8]. В представленном исследовании установлено, что к наиболее часто встречающимся причинам гиперкалиемии у собак мелких пород относится хроническая болезнь почек (25%), онкологические болезни (18%), инфекционные процессы (пиометра) (14%), болезни сердца (14%). У собак крупных пород основную роль в развитии гиперкалиемии играют болезни мочевыделительной системы – 24% (из них хроническая болезнь почек – 14%, острая почечная недостаточность 5%, бактериальный цистит 5%), эндокринопатии – 19% (из них сахарный диабет 14%, гипотериоз 5%), онкологические болезни (19%), ортопедические нарушения (19%), неврологические нарушения (14%). Эти нарушения наиболее вероятно связаны с развитием метаболического ацидоза, усиленным разрушением клеток с выходом калия в межклеточное пространство, а также нарушение выведения калия с мочой. Выявлено также, что состояние, вызывающее гиперкалиемию, в 18% случаев у собак мелких пород (n=5) и в 19% случаев у собак крупных пород (n=4) в течение 7 дней приводило к ле-

тальному исходу, либо эвтаназии в связи с неблагоприятными прогнозами, не зависимо от степени гиперкалиемии. В дальнейшем исследование планируется расширить с захватом и анализом отдельных нозологических единиц и породных особенностей, а также особенностями рациона, соотношением со степенью тяжести состояния, анализом продолжительности жизни и выживаемости [10].

#### HYPERKALEMIA ETIOLOGICAL CAUSES ASSESSMENT IN CANINE

Karpenko L.Yu. – doctor of biological sciences, professor; Kozitcyna A.I. \* – PhD of veterinary science; Bakhta A.A. – PhD of biological science, associate professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SPbSUVM"

\*anna.kozitzyna@yandex.ru

#### ABSTRACT

Hyperkalemia is a marker of many disorders in different species of animals and birds, leading to a significant number of pathophysiological abnormalities. However, dogs have no literature data on the features of potassium metabolism and etiological causes of hyperkalemia in different breeds, especially when taking into account significant differences in size and conditions of keeping. The purpose of the presented study was to identify and assess the frequency of occurrence of etiological causes leading to the development of hyperkalemia in dogs of different breeds in the territory of the city. St. Petersburg with subsequent statistical processing of the obtained results.

In the presented study, the analysis of biochemical blood parameters of dogs of small breeds (Yorkshire Terrier, Toy Terrier, Pomeranian, dachshund, tsvergpincher, Chihuahua, Shih Tzu), large breeds (Labrador Retriever, German Shepherd, Dalmatian, American Staffordshire Terrier, Central Asian Shepherd, Husky) enrolled in private veterinary clinic of St. Petersburg in the summer-autumn period.

It was found that the most common causes of hyperkalemia in small breed dogs include chronic kidney disease (25%), oncological diseases (18%), infectious processes

(pyometra) (14%), heart disease (14%). In dogs of large breeds, the main role in the development of hyperkalemia is played by diseases of the urinary system – 24% (of which chronic kidney disease - 14%, acute renal insufficiency – 5%, bacterial cystitis - 5%), endocrinopathy - 19% (of which diabetes mellitus – 14%, hypothyroidism - 5%), oncological diseases (19%), orthopedic disorders (19%), neurological disorders (14%).

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мончик, А. М. Влияние кормовых добавок на биохимические показатели кур-несушек / А. М. Мончик, А. И. Козицына // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны : Материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. – С. 245-246. – EDN AKAASN.
2. Смирнова, О. О. Изменения концентрации калия: что опаснее? / О. О. Смирнова // . – 2014. – № 4(20). – С. 60-68. – EDN SMINLH
3. Данильченко, И. В. Патогенез и этиология энзимопатий в аспекте нарушений звеньев метаболизма / И. В. Данильченко // Студенческая наука - взгляд в будущее : материалы XVII Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск., 16–18 марта 2022 года. Том Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 220-224. – EDN HCOBLJ.
4. Беспалова, Н. С. Гематологический статус у собак, больных дирофиляриозом / Н. С. Беспалова, Т. А. Золотых // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2019. – № 3(43). – С. 30-34. – DOI 10.24411/2074-5036-2019-10035. – EDN URKDKW.
5. Карпенко, Л. Ю. Биохимические показатели крови у собак с синдромом острого расширения желудка в предоперационный период / Л. Ю. Карпенко, А. И. Козицына, А. А. Бахта // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 3. – С. 127-131. – DOI 10.52419/issn2072-

2419.2022.3.127. – EDN VHKWZL.

6. Blood biochemical markers in Saanen goats depending on month of pregnancy / A. Taraskin, A. Bakhta, L. Karpenko [et al.] // FASEB Journal. – 2021. – Vol. 35. – No S1. – P. 05198. – DOI 10.1096/fasebj.2021.35.S1.05198. – EDN JSVGFR.
7. Nelson RW Couto CG. Small Animal Internal Medicine. Sixth ed. St. Louis Missouri: Elsevier/Mosby; 2020. 1578 p.7. Nelson RW Couto CG. Small Animal Internal Medicine. Sixth ed. St. Louis Missouri: Elsevier/Mosby; 2020. 1578 p.
8. Thrall MA Weiser G Allison RW Campbell TW. Veterinary Hematology Clinical Chemistry and Cytology. Third ed. Chichester: Wiley Blackwell; 2022. 1042 p.
9. Gough A Murphy KF John Wiley & Sons. Differential Diagnosis in Small Animal Medicine. 2nd ed. Oxford etc: Wiley Blackwell; 2016. 466 p.
10. Частота встречаемости электролитных нарушений у собак мелких пород в условиях города Санкт -Петербурга / Л. Ю. Карпенко, А. И. Козицына, А. А. Бахта, П. А. Полистовская // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2022. – № 2. – С. 115-118. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.2.115. – EDN GMRTKF.

### REFERENCES

1. Monchik, A.M. The influence of feed additives on the biochemical parameters of laying hens / A.M. Monchik, A. I. Kozitsyna // Knowledge of the young for the development of veterinary medicine and the agro-industrial complex of the country : Materials of the international scientific conference of students, postgraduates and young scientists, St. Petersburg, November 19-20, 2020. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2020. – pp. 245-246. – EDN AKAASN.
2. Smirnova, O. O. Changes in potassium concentration: what is more dangerous // O. O. Smirnova // – 2014. – № 4(20). – Pp. 60-68. – EDN SMINLH.
3. Danilchenko, I. V. Pathogenesis and etiology of enzymopathies in the aspect of metabolic disorders / I. V. Danilchenko // Student

- Science - a look into the future : materials of the XVII All-Russian Student Scientific Conference, Krasnoyarsk,, March 16-18, 2022. Volume Part 1. – Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2022. – pp. 220-224. – EDN KOBLI.
4. Bespalova, N. S. Hematological status in dogs with dirofilariasis / N. S. Bespalova, T. A. Zolotykh // Topical issues of veterinary biology. – 2019. – № 3(43). – Pp. 30-34. – DOI 10.24411/2074-5036-2019-10035. – EDN URKDKV.
5. Karpenko, L. Y. Biochemical blood parameters in dogs with acute gastric dilation syndrome in the preoperative period / L. Y. Karpenko, A. I. Kozitsyna, A. A. Bakhta // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2022. – No. 3. – pp. 127-131. – DOI 10.52419/issn 2072-2419.2022.3.127. – EDN VHKWZL.
6. Blood biochemical markers in Saanen goats depending on month of pregnancy / A. Taraskin, A. Bakhta, L. Karpenko [et al.] // FASEB Journal. – 2021. – Vol. 35. – No S1. – P. 05198. – DOI 10.1096/fasebj.2021.35.S1.05198. – EDN JSVGFR.
7. Thrall MA Weiser G Allison RW Campbell TW. Veterinary Hematology Clinical Chemistry and Cytology. Third ed. Chichester: Wiley Blackwell; 2022. 1042 p.
8. Gough A Murphy KF John Wiley & Sons. Differential Diagnosis in Small Animal Medicine. 2nd ed. Oxford etc: Wiley Blackwell; 2016. 466 p.
9. Gough A Murphy KF John Wiley & Sons. Differential Diagnosis in Small Animal Medicine. 2nd ed. Oxford etc: Wiley Blackwell; 2016. 466 p.
10. Frequency of occurrence of electrolyte disorders in dogs of small breeds in the conditions of the city of St. Petersburg / L. Y. Karpenko, A. I. Kozitsyna, A. A. Bakhta, P. A. Polistovskaya // Regulatory and legal regulation in veterinary medicine. – 2022. – No. 2. – pp. 115-118. – DOI 10.52419/issn 2782-6252.2022.2.115. – EDN GMRTKF.

УДК: 611.33.018:636.4-053.2

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.248

## ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЖЕЛУДКА ПОРОСЯТ ПОРОДЫ ЙОРКШИР В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

Полянская А.И. \* <sup>1</sup> – асп. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-7119-8857), Щипакин М.В. <sup>1</sup> – д. вет. н., проф. каф. анатомии животных (ORCID: 0000-0002-2960-3222)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

\* polyanskaya2808@mail.ru

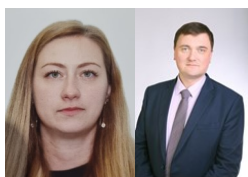
**Ключевые слова:** поросенок, желудок, гистология, железы, дно, кардия, пилорус, оболочки, слои, возраст.

**Key words:** piglet, stomach, histology, glands, bottom, cardia, pilorus, shells, layers, age.

Поступила: 10.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Свиноводство в настоящее время, достаточно перспективная отрасль, которая способна обеспечить продовольственную безопасность граждан в Российской Федерации мясной, салочной и беконной продукцией. По характеру желудок свиней относят к смешанному типу (пищеводно-кишечный), в связи с этим и возникает особый интерес изучить гистологическую структуру желудка у новорожденных поросят. Цель нашего исследования – изучить гистологические закономерности стенки желудка поросят породы йоркшир в возрастном аспекте, уточнить морфометрические показатели и дать характеристику гистоструктур. В результате исследования использовали две возрастные группы поросят: новорожденные однодневные поросята и 28-30 дней постнатального периода онтогенеза. Для исследования использовали гистологический метод. По результатам исследования установили, что стенка желудка у поросят породы йоркшир двух возрастных групп представлена тремя оболочками: слизистой, которая граничит с подслизистой основой; мышечной и серозной оболочками. Слизистая оболочка представлена простыми слабоветвящимися трубчатыми железами, образованными главными, обкладочными и добавочными клетками. В возрасте 30 дней клетки, продуцирующие слизь, в кардиальном отделе выявлялись преимущественно в глубоких отделах слизистой, в фундальном проявляли слабую секреторную активность на всем протяжении ветвящихся трубчатых желез, а в пилорическом, как и в кардиальном отделе, встречались чаще всего в глубоких участках слизистой оболочки. Между циркулярными и продольными слоями гладкой мускулатуры в толще мышечные оболочки наблюдались многочисленные нервные сплетения и ганглии, встречавшиеся как у однодневного животного, так и в возрасте 30 дней. Серозная оболочка желудка имела типичное строение, была представлена рыхлой соединительной тканью, покрытой мезотелием.



## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Свиноводство в настоящее время, достаточно перспективная отрасль, которая способна обеспечить продовольственную безопасность граждан в Российской Федерации мясной, сальной и беконной продукцией. На данный момент не все отечественные породы свиней обладают высокой продуктивностью, не отличаются хорошими мясными качествами, медленно растут и не соответствуют требованиям к беконному откорму, в связи с этим российские агропромышленные комплексы завозят различные породы свиней из-за рубежа для селекции. За эталон были выбраны такие породы свиней как: ландрас, дюрок, йоркшир, пьетрен, которые отличаются высоким многоплодием (в среднем 18 голов при опоросе), быстрым приростом живой массы. Также данные породы свиней можно разводить как в чистопородном виде, так и использовать для скрещивания с отечественными породами для получения гибридов.

По характеру желудок свиней относят к смешанному типу (пищеводно-кишечный), вместимость от 6,5-9,0 литров. Желудок расположен в левом подреберье и прилежит к диафрагме и печени. Из пищевода кашицеобразный корм поступает в желудок, где располагается послыно и долго не перемешивается с желудочным соком. Поэтому в первые часы после приема пищи внутри содержимого желудка сохраняется щелочная среда, способствующая расщеплению углеводов до глюкозы, а также процессу брожения, вызываемому микроорганизмами корма. Потом кормовые массы пропитываются кислым желудочным соком. После 4-6 ч с начала приема пищи половина корма остается в желудке, а другая за счет волнообразных сокращений мышц желудка продвигается к кишечнику.

В связи с этим и возникает особый интерес изучить гистологическую структуру желудка у новорожденных поросят. Цель нашего исследования – изучить гистологические закономерности

стенки желудка поросят породы йоркшир в возрастном аспекте, уточнить морфометрические показатели и дать характеристику гистоструктурам [1-6].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследование проводили на кафедре анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». Трупный материал для исследования был доставлен на кафедру анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» со свиноводческого комплекса «Идаванг Агро» д. Нурма, Тосненского района Ленинградской области.

Исследование проводили по двум возрастным группам, согласно периодизации жизни свиней: первая стадия развития – новорожденные поросята (1-4 дня постнатального периода); вторая стадия развития – молочная (22-45 дней постнатального периода). Из первой стадии развития использовали новорожденных однодневных поросят; из второй – поросят 28-30 дней постнатального периода онтогенеза. Средняя масса тела у поросят 1 группы – 550 г.; 2 группы – 3000 г. Всего происследовано по пять поросят в каждой возрастной группе.

Возраст определяли по бонитировочным карточкам и со слов главного ветеринарного врача комплекса. Для достижения поставленной задачи были использованы традиционные морфологические методы исследования, а именно: тонкое анатомическое препарирование, гистологический, фотографирование и морфометрия.

Для проведения гистологического метода исследования функциональных структур желудка новорожденных поросят породы йоркшир путем тонкого анатомического препарирования был произведен отбор материала от трупа, павшего в течение 30-40 минут от патологии, не связанной с желудочно-кишечным трактом.

Отобранный материал из трех частей желудка (кардия, фундус, пилорус) фиксировали в 10% растворе формалина.

сировали в 10% растворе нейтрального формалина в течение 24 часов, после чего по общепринятой методике заливали в парафин. Затем изготавливали срезы толщиной 5-7 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином и трихромом по Массону с целью выявления коллагеновых волокон. Анализ гистологических препаратов проводился при помощи светоптического микроскопа Carl Zeiss AxioSkop 2 plus (Германия) при увеличении 40, 100, 200 и 400. Микрофотографирование проводили при помощи цифровой фотокамеры AxioCam ERc5s и программного обеспечения AxioVision Rel. 4.8 (Германия). Морфометрические измерения проводили вручную при помощи программного обеспечения AxioVision Rel. 4.8 [7-11].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При исследовании было установлено, что стенка желудка у поросят породы йоркшир двух возрастных групп представлена тремя оболочками: слизистой, которая граничит с подслизистой основной; мышечной и серозной оболочками. Слизистая оболочка кардиального, фундального и пилорического отделов желудка имела схожее гистологическое строение, была представлена простыми слабоветвящимися трубчатыми железами, образованными главными, обкладочными и добавочными клетками. При окраске альциановым синим было отмечено, что клетки, продуцирующие слизь, имели в разных отделах слизистой оболочки желудка различную глубину расположения: у однодневного животного в кардиальном отделе выявлялись в поверхностных и в меньшей степени в глубоких отделах слизистой, в фундальном встречались значительно реже преимущественно в поверхностных участках, а в пилорическом выявлялись на всем протяжении ветвящихся трубчатых желез. В возрасте 30 дней клетки, продуцирующие слизь, в кардиальном отделе выявлялись преимущественно в глубоких отделах слизистой, в фундальном проявляли слабую секреторную активность на всем протяжении ветвящихся трубчатых желез, а в пилориче-

ском, как и в кардиальном отделе, встречались чаще всего в глубоких участках слизистой оболочки. Собственная пластинка слизистой оболочки желудка была представлена рыхлой соединительной тканью, содержащей тонкие кровеносные и лимфатические сосуды. В собственной пластинке во всех исследованных отделах наблюдалась слабовыраженная мононуклеарная, преимущественно лимфоцитарная, на некоторых участках плазмоцитарная инфильтрация. Толщина слизистой оболочки в кардиальном отделе в среднем составила у однодневного животного  $260,1 \pm 25,9$  мкм, в возрасте 30 дней  $833,4 \pm 99,2$  мкм, в фундальном –  $239,3 \pm 28,4$  и  $812,1 \pm 69,7$  мкм, в пилорическом  $209,5 \pm 22,4$  и  $714,2 \pm 75,6$  мкм соответственно. Толщина желез слизистой оболочки в кардиальном отделе в среднем составила у однодневного животного  $39,3 \pm 4,6$  мкм, в возрасте 30 дней  $45,2 \pm 4,8$  мкм, в фундальном –  $38,1 \pm 4,4$  и  $50,7 \pm 5,2$  мкм, в пилорическом  $43,5 \pm 4,9$  и  $61,6 \pm 7,2$  мкм. На границе слизистой оболочки и подслизистого слоя во всех отделах желудка располагалась мышечная пластинка, более выраженная в возрасте 30 дней. Мышечная пластинка была сформирована однонаправленными пучками гладких миоцитов, толщина которой составила в кардиальном отделе в среднем у однодневного животного  $13,8 \pm 2,5$  мкм, в возрасте 30 дней  $66,8 \pm 9,2$  мкм, в фундальном –  $11,2 \pm 1,9$  и  $87,9 \pm 9,5$  мкм, в пилорическом  $13,4 \pm 1,8$  и  $137,9 \pm 19,5$  мкм соответственно. Подслизистый слой был образован рыхлой соединительной тканью, содержащей крупные кровеносные и лимфатические сосуды, его толщина в кардиальном отделе в среднем составила у однодневного животного  $117,4 \pm 26,3$  мкм, в возрасте 30 дней  $328,9 \pm 38,2$  мкм, в фундальном –  $97,3 \pm 14,5$  и  $236,7 \pm 35,5$  мкм, в пилорическом  $132,4 \pm 22,6$  и  $269,5 \pm 33,3$  мкм соответственно. Глубже располагалась мышечная оболочка, сформированная внутренним (циркулярным) и наружным (продольным) слоями гладких миоцитов. Между слоями в толще мышечные оболочки наблюдались многочисленные

нервные сплетения и ганглии, встречавшиеся как у однодневного животного, так и в возрасте 30 дней. Толщина мышечной оболочки в кардиальном отделе в среднем составила у однодневного животного  $564,4 \pm 78,1$  мкм, в возрасте 30 дней  $578,3 \pm 66,8$  мкм, в фундальном –  $403,2 \pm 34,1$  и  $1357,7 \pm 148,1$  мкм, в пилорическом  $448,6 \pm 55,9$  и  $1008,9 \pm 112,3$  мкм соответственно. Толщина внутреннего слоя составила в среднем в кардиальном отделе у однодневного животного  $371,2 \pm 63,8$  мкм, в возрасте 30 дней  $394,5 \pm 42,6$  мкм, в фундальном –  $278,2 \pm 34,8$  и  $1029,2 \pm 94,1$  мкм, в пилорическом  $239,1 \pm 35,7$  и  $832,1 \pm 78,6$  мкм соответственно. Толщина наружного у однодневного животного  $146,4 \pm 19,5$  мкм, в возрасте 30 дней  $169,4 \pm 27,2$  мкм, в фундальном –  $153,5 \pm 24,7$  и  $248,4 \pm 25,1$  мкм, в пилорическом  $183,4 \pm 23,7$  и  $262,9 \pm 28,2$  мкм соответственно. Серозная оболочка желудка имела типичное строение, была представлена рыхлой соединительной тканью, покрытой мезотелием. Толщина серозной оболочки составила в кардиальном отделе в среднем у однодневного животного  $172,8 \pm 32,6$  мкм, в возрасте 30 дней  $245,9 \pm 36,5$  мкм, в фундальном –  $81,7 \pm 11,6$  и  $189,2 \pm 27,9$  мкм, в пилорическом  $33,2 \pm 7,4$  и  $128,2 \pm 18,7$  мкм соответственно.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

Стенка желудка у поросят породы йоркшир двух возрастных групп представлена тремя оболочками: слизистой, которая граничит с подслизистой основой; мышечной и серозной оболочками.

Слизистая оболочка представлена простыми слабоветвящимися трубчатыми железами, образованными главными, обкладочными и добавочными клетками.

В возрасте 30 дней клетки, продуцирующие слизь, в кардиальном отделе выявлялись преимущественно в глубоких отделах слизистой, в фундальном проявляли слабую секреторную активность на всем протяжении ветвящихся трубчатых желез, а в пилорическом, как и в кар-

диальном отделе, встречались чаще всего в глубоких участках слизистой оболочки.

Между циркулярными и продольными слоями гладкой мускулатуры в толще мышечные оболочки наблюдались многочисленные нервные сплетения и ганглии, встречавшиеся как у однодневного животного, так и в возрасте 30 дней.

Серозная оболочка желудка имела типичное строение, была представлена рыхлой соединительной тканью, покрытой мезотелием.

#### HISTOLOGICAL PATTERNS OF THE STOMACH OF YORKSHIRE PIGLETS IN THE AGE ASPECT

Polyanskaya A.I. \* <sup>1</sup> – asp. kaf. Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-7119-8857), Shchipakin M.V. <sup>1</sup> – Doctor of Veterinary Sciences, Prof. Animal Anatomy (ORCID: 0000-0002-2960-3222)

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

\* polyanskaya2808@mail.ru

#### ABSTRACT

Pig breeding is currently a fairly promising industry that is able to ensure the food security of citizens in the Russian Federation with meat, bacon and bacon products. By nature, the stomach of pigs is classified as a mixed type (esophageal-intestinal), and therefore there is a special interest in studying the histological structure of the stomach in newborn piglets. The purpose of our study is to study the histological patterns of the stomach wall of Yorkshire piglets in the age aspect, to clarify morphometric indicators and to characterize histostructures. As a result of the study, two age groups of piglets were used: newborn one-day-old piglets and 28-30 days of the postnatal period of ontogenesis. The histological method was used for the study. According to the results of the study, it was found that the stomach wall of Yorkshire piglets of two age groups is represented by three membranes: the mucosa, which borders on the submucosal base; muscle and serous membranes. The mucous membrane is represented by simple weakly branching tubular glands formed by the

main, lining and accessory cells. At the age of 30 days, mucus-producing cells in the cardiac department were detected mainly in the deep parts of the mucosa, in the fundal they showed weak secretory activity throughout the branching tubular glands, and in the pyloric, as in the cardiac department, they were most often found in deep areas of the mucous membrane. Numerous nerve plexuses and ganglia were observed between the circular and longitudinal layers of smooth musculature in the thickness of the muscle membranes, occurring both in a one-day-old animal and at the age of 30 days. The serous lining of the stomach had a typical structure, was represented by loose connective tissue covered with mesothelium.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шендаков, А. И., Ляшук Р. Племенная ценность датских свиней // *Животноводство России*. 2015:2:14-15. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25436077>.
2. Мельников, С. И. Анатомо-топографические особенности многокамерного желудка овец эдильбаевской породы // *Материалы 74-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГАВМ, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне*, Санкт-Петербург, 06–15 апреля 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2020:150-151. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44767812>.
3. Мельников С. И., Щипакин М. В. Постнатальный гистогенез преджелудков у овец эдильбаевской породы // *Морфология в XXI веке: теория, методология, практика: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции*, Москва, 01–04 июня 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина», 2021:127-130. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50040776>.
4. Щипакин М. В., Зеленовский Н. В., Прусаков А. В., Былинская Д. С. Морфология желудка кролика породы немецкий великан // *Материалы международной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ, Санкт-Петербург, 22–26 января 2018 года*. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2018:110-112. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34846837>.
5. Веремеева С. А., Сидорова К. А. Морфологическая оценка структуры желудка кроликов и их мясной продуктивности. *Аграрный научный журнал*. 2015:9:14-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24210362>.
6. Веремеева С. А., Сидорова К. А. Анатомо-гистологическое строение стенки желудка кроликов // *Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее : сборник статей Международной научно-практической конференции*, Пенза, 20 июня 2016 года. – Пенза: 2016:133-136. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26197414>.
7. Петренко, В. М. Сравнительная анатомия желудка у некоторых грызунов / В. М. Петренко // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015:5-1:12-13.
8. Саможапова, С. Д., Рядинская Н. И. Анатомические особенности желудка байкальской нерпы // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2017:2 (47):105-109. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29325332>.
9. Зеленовский Н. В., Щипакин М. В. *Практикум по ветеринарной анатомии: учебное пособие: в 3-х томах. Том 2*. Санкт-Петербург: Информационно-консалтинговый центр; 2014. 317 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25722704>.
10. Зеленовский, Н. В., Щипакин М. В. *Анатомия животных: Учебник для вузов / 3-е издание, стереотипное*. Санкт-

Петербург: Издательство "Лань", 2022:484. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48047107>.

11. Зеленовский Н. В., Прусаков А. В. Особенности строения многокамерного желудка телят чёрно-пёстрой породы (сообщение второе) // *Иппология и ветеринария*. 2017:3(25):103-107. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30394439>.

#### REFERENCES

1. Shendakov, A. I., Lyashuk R. Breeding value of Danish pigs // *Animal husbandry of Russia*. 2015:2:14-15. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25436077>.

2. Melnikov, S. I. Anatomical and topographic features of the multicameral stomach of sheep of the Edilbaevsky breed // *Materials of the 74th International Scientific Conference of young scientists and students of SPbGAVM, dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War*, St. Petersburg, April 06-15, 2020. – St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2020:150-151. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44767812>.

3. Melnikov S. I., Shchipakin M. V. Postnatal histogenesis of pre-ventricles in sheep of the Edilbaev breed // *Morphology in the XXI century: theory, methodology, practice: Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference*, Moscow, June 01-04, 2021. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin", 2021:127-130. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50040776>.

4. Shchipakin M. V., Zelenevsky N. V., Prusakov A.V., Bylinskaya D. S. Morphology of the stomach of a rabbit of the German giant breed // *Materials of the international scientific conference of the teaching staff, researchers and postgraduates of SPbGAVM*, St. Petersburg, January 22-26,

2018. – St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2018:110-112. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34846837>.

5. Veremeeva S. A., Sidorova K. A. Morphological assessment of the stomach structure of rabbits and their meat productivity. *Agricultural Scientific Journal*. 2015:9:14-16. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24210362>.

6. Veremeeva S. A., Sidorova K. A. Anatomical and histological structure of the stomach wall of rabbits // *Science and education: preserving the past, creating the future : collection of articles of the International Scientific and practical Conference*, Penza, June 20, 2016. – Penza: 2016:133-136. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26197414>.

7. Petrenko, V. M. Comparative anatomy of the stomach in some rodents / V. M. Petrenko // *International Journal of Experimental Education*. 2015:5-1:12-13.

8. Samozhapova, S. D., Ryadinskaya N. I. Anatomical features of the stomach of the Baikal seal // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*. 2017:2(47):105-109. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29325332>.

9. Zelenevsky N. V., Shchipakin M. V. Workshop on veterinary anatomy: textbook: in 3 volumes. Volume 2. St. Petersburg: Information and Consulting Center; 2014. 317 p. Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25722704>

10. Zelenevsky, N. V., Shchipakin M. V. Animal anatomy: Textbook for universities / 3rd edition, stereotypical. Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2022:484. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48047107>.

11. Zelenevsky N. V., Prusakov A.V. Features of the structure of the multicameral stomach of black-and-white calves (the second message) // *Hippology and veterinary medicine*. 2017:3(25):103-107. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30394439>.



УДК: 611.145:618.29:636.2

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.254

## ВЕНОЗНОЕ РУСЛО ОБЛАСТИ ПЛЕЧА И ПРЕДПЛЕЧЬЯ ПЛОДОВ КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ

Мельников С. И. \* <sup>1</sup> – к. вет. н., асс. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-0963-8751), Хватов В. А. <sup>1</sup> – к. вет. н., асс. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0001-5799-0816)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

\* Seeer\_good97@mail.ru

**Ключевые слова:** сосуд, диаметр, вена, плечо, предплечье, плод, корова.

**Key words:** vessel, diameter, vein, shoulder, forearm, fetus, cow.

Поступила: 25.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Эмбриональное развитие и формирование кровеносного русла, а именно магистралей венозного оттока области плеча и предплечья у плодов коров черно-пестрой породы, по нашему мнению, являются актуальной темой для изучения. К сожалению, несмотря на активные меры профилактики травм конечностей у животных, современные ветеринарные агрокомплексы продолжают сталкиваться с периодическими незаразными болезнями, связанными с травматизацией конечностей. Каскад реакций, происходящих в организме после полученной травмы неразрывно связан с венозной системой оттока жидкости от конечностей животных. В качестве исследуемого материала использовали трупы плодов коров черно-пестрой породы, абортингованных на пятом месяце стельности не имеющих признаков инфекционных заболеваний. Всего исследовано пять плодов, доставленных из частных фермерских хозяйств Ленинградской области. В качестве методов исследования использовали: тонкое анатомическое препарирование, вазорентгенография, морфометрия при помощи электронного штангенциркуля, измерительной линейки и программы RadiAnt DICOM Viewer. В результате исследования нами было установлено, что у плодов коров черно-пестрой породы на пятом месяце стельности отток венозной крови от области плеча и предплечья осуществляется по следующим сосудам: поверхностная венозная магистраль в области предплечья образуют – добавочная подкожная вена и подкожная вена предплечья; глубокая венозная магистраль сформирована срединнолучевой веной, а также начальными участками плечевой вены и срединной вены локтя. Наибольший диаметр в области предплечья имеют вены поверхностной магистралы. Это связано с тем, что она принимает основную массу крови из области кисти. Венозные клапаны расположены чаще в сосудах глубокой магистралы, чем в поверхностной магистралы. Это связано с их расположением и гемодинамическими функциями, так как они сжимаются сильнее, чем поверхностные. Обширное венозное русло необходимо для прохождения большого количества крови, поэтому диаметр сосудов глубокой магистралы области плеча больше, чем поверхностной.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Для Российской Федерации имеет важное значение развитие отрасли животноводства, как одной из крупнейшей сфер для экспорта. Огромные территории страны и высокая мозаичность природных ландшафтов способствуют благоприятным условиям выращивания сельскохозяйственной продукции. Климатические условия Северо-Западного региона нашей страны имеют специфическую изменчивость, к которой десятилетиями адаптировалась исследуемая порода коров. Тем не менее некоторые аспекты в области морфологии остаются до сих пор малоизученными. Эмбриональное развитие и формирование кровеносного русла, а именно магистралей венозного оттока области плеча и предплечья у плодов коров черно-пестрой породы, по нашему мнению, являются актуальной темой для изучения. К сожалению, несмотря на активные меры профилактики травм конечностей у животных, современные ветеринарные агрокомплексы продолжают сталкиваться с периодическими незаразными болезнями, связанными с травматизацией конечностей. Каскад реакций, происходящих в организме после полученной травмы неразрывно связан с венозной системой оттока жидкости от конечностей животных. В связи с вышесказанным, перед нами была поставлена цель – изучить венозное русло области плеча и предплечья у плодов коров черно-пестрой породы [1-8].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Работа выполнялась на кафедре анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» с 2021 по 2023 года. В качестве исследуемого материала использовали трупы плодов коров черно-пестрой породы, абортированных на пятом месяце стельности не имеющих признаков инфекционных заболеваний. Всего исследовано пять плодов, доставленных из частных фермерских хозяйств Ленинградской

области. В качестве методов исследования использовали: тонкое анатомическое препарирование, вазорентгенография, морфометрия при помощи электронного штангенциркуля, измерительной линейки и программы RadiAnt DICOM Viewer [9-13].

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате проведенного исследования было установлено, что в области предплечья и плеча у плодов коров черно-пестрой породы различают поверхностную и глубокую венозные магистрали. Поверхностную магистраль в области предплечья составляют добавочная подкожная и подкожная вена предплечья. Глубокую магистраль образуют срединнолучевая вена, а также начальные участки плечевой вены и срединной вены локтя.

Добавочная подкожная вена предплечья – *v. cephalica antebrachii accessoria*, продолжается на предплечье от дорсальной медиальной третьей пястной вены. Она поднимается проксимально в дорсо-медиальном направлении к лучевому разгибателю запястья. В области дистальной трети предплечья вена впадает в подкожную вену предплечья под углом около 36-37°. Рядом с сосудом проходят поверхностный лучевой нерв и кожная ветвь мышечнокожного нерва. Длина вены у плодов коров черно-пестрой породы в среднем равна  $59,00 \pm 6,10$  мм, диаметр  $1,90 \pm 0,10$  мм. На данном участке выявлено шесть клапанов.

Подкожная вена предплечья – *v. cephalica antebrachii* является продолжением проксимально от предплечье-запястного сустава общей пальмарной пястной медиальной веной. Она направлена проксимально по медиокаудальному краю лучевой кости. Проксимальней предплечье-запястного сустава отдает срединнолучевую вену, а принимает проксимальную пальмарную вену запястья – *v. carpi proximalis palmaris*. Последняя собирает кровь с области запястья, дистального конца предплечья и частично из конечных участков мышц-сгибателей запястья. Проксимальная

пальмарная вена запястья анастомозирует с дистальной пальмарной веной запястья и дорсальной межкостной веной. Далее подкожная вена предплечья перебрасывается через лучевую кость дистально с каудальной поверхности и направляется проксимально на краниальную поверхность. На этом участке она принимает добавочную подкожную вену предплечья, проходит медиально, а затем дорсально по лучевому разгибателю запястья, и внутри угла локтевого сустава переходит в подкожную вену плеча. Длина сосуда у плодов в среднем равна  $119,00 \pm 10,20$  мм, диаметр  $3,82 \pm 0,40$  мм, количество клапанов – девять.

Срединнолучевая вена – *v. medianoradialis* начинается от подкожной вены предплечья и следует проксимально по медиокаудальному краю лучевой кости. На уровне проксимального межкостного пространства срединнолучевая вена переходит в плечевую. Длина вены у плодов коров черно-пестрой породы в среднем равна  $60,50 \pm 6,55$  мм, диаметр –  $2,00 \pm 0,15$  мм; в вене насчитывается до девяти клапанов.

Наибольший диаметр в области предплечья имеет поверхностная вена. Это связано с тем, что она принимает основную массу крови из области кисти, а клапаны расположены чаще в сосудах глубокой вены, так как глубокие вены сжимаются сильнее, чем поверхностные.

Поверхностная венозная магистраль в области плеча представлены одним сосудом – подкожной веной плеча, а глубокие вены представлены – плечевой веной, подмышечной веной и срединной веной локтя.

Подкожная вена плеча – *v. cephalica humeri* – является продолжением подкожной вены предплечья, она следует проксимально, находясь в боковой грудной бороздке. У изученных плодов установлено два типа ее ветвления. В первом типе ветвления она вливается в наружную яремную вену, а при втором типе ветвления впадает в подмышечную вену. Длина вены у плодов в среднем равна  $109,80 \pm 12,20$  мм, диаметр  $3,65 \pm 0,35$  мм; в

вене имеется до 10 клапанов.

Плечевая вена – *v. brachialis* – берет начало от двух ветвей: краниальной – из срединнолучевой вены и каудальной из проксимальной ветви общей межкостной вены в области проксимального межкостного пространства предплечья. Между ветвями плечевой вены расположена одноименная артерия. Плечевая вена с краниальной поверхности направлена проксимально и пересекает плечевую кость в каудальном направлении, располагаясь позади одноименной артерии вдоль каудального края клювовидноплечевой мышцы. Позади плечевого сустава на уровне шейки плечевой кости плечевая вена сливается с подлопаточной веной, формируя подмышечную вену. Длина плечевой вены у плодов в среднем равна  $142,85 \pm 11,90$  мм, диаметр  $3,75 \pm 0,32$  мм; в вене имеется до 11 клапанов.

В плечевую вену вливаются следующие вены: общая межкостная вена – *v. interossea communis*, выходящая из проксимального межкостного пространства предплечья и впадающая в начальный участок плечевой вены. Вена представлена двумя ветвями: проксимальной и дистальной. Общая межкостная вена принимает межкостную дорсальную вену; мышечные вены, идущие от сгибателей пальцев, возвратную медиальную межкостную вену. Мышечные ветви – *rami musculares* выносят кровь из сгибателей запястья и пальцев. Возвратная локтевая вена – *v. resurgens ulnaris* выносит кровь из тканей локтевого сустава и мышц запястья и пальцев. Коллатеральная локтевая вена – *v. collateralis ulnaris* образована тремя-четырьмя ветвями: дистальной – собирающей кровь из мышц сгибателей запястья, напрягателя фасции предплечья, локтевой головки поверхностного пальцевого сгибателя и локтевого сустава; средней – собирающей кровь из кожи каудальной поверхности области локтевого сустава; проксимальной – выносящей кровь из конечных участков мышц-разгибателей локтевого сустава. Коллатеральная лучевая вена – *v. collateralis dialis* образована тремя крупными ветвями: поверхностной

— начинающейся от кожи краниальной поверхности предплечья и принимающей веточки от внутренней плечевой мышцы; глубокой дистальной — начинающейся из внутри органного русла лучевого разгибателя запястья и выносящей кровь из него; глубокой латеральной — собирающей кровь из тканей локтевого сустава, дистального конца плечевой кости и проксимального конца костей предплечья, мышц-разгибателей запястья пальцев. Вена анастомозирует с межкостной возвратной медиальной веной, с нисходящей ветвью окружной плечевой латеральной вены. Вена двуглавой мышцы плеча — *v. bicipitis* вливается в плечевую вену в средней трети плечевой кости. Глубокая плечевая вена — *v. profunda brachii* впадает в плечевую вену каудально на границе верхней и средней трети кости. Вену образуют три ветви: дистальная, средняя, проксимальная. Вена выносит кровь из мышц разгибателей локтевого сустава. Грудоспинная вена — *v. thoracodorsalis* формируется ветвями, собирающими кровь из широчайшей мышцы спины, длинной головки трехглавой мышцы плеча, напрягателя фасции предплечья и большой круглой мышцы. Она вливается в устье плечевой вены. Срединная вена локтя — *mediana cubiti* — берет начало от плечевой вены. Она проходит между лучевым разгибателем запястья и двуглавой мышцы плеча. На уровне средней трети плечевой кости срединная вена локтя впадает в подкожную вену плеча. Внутри угла локтевого сустава срединная вена локтя анастомозирует с коллатеральной лучевой веной. В анастомозе обнаружено от трех до пяти клапанов, створки которых направлены в сторону коллатеральной лучевой вены. Направление створок клапанов показывает, что в срединной вене локтя кровь движется в сторону подкожной вены плеча (из глубокой магистрали в поверхностную).

Подмышечная вена — *v. axillaris* формируется в результате слияния плечевой и подлопаточной вен на уровне шейки плечевой кости. Вена проникает в груд-

ную полость и впадает в краниальную полую вену. Длина вены у плодов коров черно-пестрой породы в среднем равна  $47,60 \pm 4,85$  мм, диаметр —  $3,72 \pm 0,35$  мм. В ней нами отмечено до четырех клапанов.

В подмышечную вену краниальной плечевой сустава вливаются мышечные ветви, собирающие кровь из грудных мышц, а также акромиальная вена. В глубокую магистраль области плеча впадает ряд крупных боковых ветвей, собирающих кровь из области предплечья, плеча, лопатки лежащих дистальной магистральных вен.

Обширное венозное русло необходимо для прохождения большого количества крови, поэтому диаметр сосудов глубокой магистрали области плеча больше, чем поверхностной. Клапаны размещены чаще в поверхностной магистрали.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате исследования нами было установлено, что у плодов коров черно-пестрой породы на пятом месяце стельности отток венозной крови от области плеча и предплечья осуществляется по следующим сосудам: поверхностная венозная магистраль в области предплечья образуют — добавочная подкожная вена и подкожная вена предплечья; глубокая венозная магистраль сформирована срединнолучевой веной, а также начальными участками плечевой вены и срединной вены локтя. Наибольший диаметр в области предплечья имеют вены поверхностной магистрали. Это связано с тем, что она принимает основную массу крови из области кисти. Венозные клапаны расположены чаще в сосудах глубокой магистрали, чем в поверхностной магистрали. Это связано с их расположением и гемодинамическими функциями, так как они сжимаются сильнее, чем поверхностные. Обширное венозное русло необходимо для прохождения большого количества крови, поэтому диаметр сосудов глубокой магистрали области плеча больше, чем поверхностной.

Полученные нами данные расширяют базу данных видовой и возрастной анатомии животных, а также могут быть ис-

пользованы специалистами при проведении хирургических вмешательств в области плеча и предплечья.

#### VENOUS BED OF THE SHOULDER AND FOREARM AREA OF THE FRUITS OF BLACK-AND-WHITE COWS

**Melnikov S.I.** \* <sup>1</sup> – Candidate of Veterinary Sciences, ass. kaf. Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-0963-8751), **Khvatov V. A.** <sup>1</sup> – Candidate of Veterinary Sciences, assoc. kaf. animal anatomy (ORCID 0000-0001-5799-0816) St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

\* Seer\_good97@mail.ru

#### ABSTRACT

Embryonic development and formation of the bloodstream, namely the venous outflow highways of the shoulder and forearm area in the fetuses of black-and-white cows, in our opinion, are an urgent topic for study. Unfortunately, despite active measures to prevent limb injuries in animals, modern veterinary agricultural complexes continue to face periodic non-contagious diseases associated with limb injury. The cascade of reactions occurring in the body after an injury is inextricably linked with the venous system of fluid outflow from the limbs of animals. The corpses of fetuses of black-and-white cows aborted at the fifth month of pregnancy with no signs of infectious diseases were used as the studied material. In total, five fruits were examined, delivered from private farms of the Leningrad region. The following research methods were used: fine anatomical dissection, vasorentgenography, morphometry using an electronic caliper, measuring ruler and the RadiAnt DICOM Viewer program. As a result of the study, we found that in the fetuses of black-and-white cows at the fifth month of pregnancy, the outflow of venous blood from the shoulder and forearm area is carried out through the following vessels: the superficial venous trunk in the forearm area is formed by the additional subcutaneous vein and the subcutaneous vein of the forearm; the deep venous trunk is formed by the median radial vein, as

well as the initial sections of the shoulder veins and median vein of the elbow. The largest diameter in the forearm area are the veins of the superficial trunk. This is due to the fact that it takes the bulk of the blood from the brush area. Venous valves are located more often in the vessels of the deep trunk than in the superficial trunk. This is due to their location and hemodynamic functions, as they contract more strongly than the surface ones. An extensive venous bed is necessary for the passage of a large amount of blood, so the diameter of the vessels of the deep trunk of the shoulder area is larger than the surface.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Былинская, Д. С. Эпидуральное позвоночное венозное сплетение шейного отдела позвоночного столба у телят / Д. С. Былинская, Н. В. Зеленовский, А. В. Прусаков [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2019. – № 4(34). – С. 63-66. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43146335>
2. Былинская, Д. С. Отток венозной крови от шейного отдела спинного мозга у телят / Д. С. Былинская, Д. В. Васильев [и др.] // Морфология в XXI веке: теория, методология, практика: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Москва, 01–04 июня 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина», 2021. – С. 34-36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45841490>
3. Былинская, Д. С. Непарные висцеральные ветви брюшной аорты кошки домашней по данным вазорентгенографии / Д. С. Былинская, М. В. Щипакин, В. А. Хватов // Иппология и ветеринария. – 2022. – № 1(43). – С. 112-121. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48157507>
4. Васильев, Д. В. Вариантная анатомия подмышечной вены у свиней мясных



- пород / Д. В. Васильев, М. В. Щипакин // Бородинские чтения: Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию академика РАН Юрия Ивановича Бородина, Новосибирск, 22 марта 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный медицинский университет, 2022. – С. 92-97. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48518184>
5. Зеленовский, Н. В. Экстрамуральная венозная васкуляризация грудной конечности овцы породы дорпер / Н. В. Зеленовский, Д. С. Былинская, Д. В. Васильев, В. А. Хватов // Вопросы ветеринарной гистологии: сборник научных трудов / Главный редактор – Юнусов Х.Б., заместитель главного редактора – Федотов Д. Н. Том Выпуск 1. – Самарканд: Самаркандский институт ветеринарной медицины, 2020. – С. 32-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44825779>
6. Зеленовский, Н. В. Венозное и лимфатическое русла грудной конечности козы / Н. В. Зеленовский, К. Н. Зеленовский // Иппология и ветеринария. – 2015. – № 1(15). – С. 25-33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24252718>
7. Зеленовский, Н. В. Клапаны вен как один из механизмов адаптации сосудистой системы к работе в гравитационном поле Земли / Н. В. Зеленовский, А. П. Васильев, Л. К. Логинова // Материалы юбилейной международной научной конференции, посвященной 200-летию высшего ветеринарного образования в России и 200-летию СПбГАВМ, Санкт-Петербург, 28 января – 01 2008 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2008. – С. 35-38. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25396102>
8. Щипакин, М. В. Анатомия скелета плеча и предплечья у собак породы бассет хаунд / М. В. Щипакин, С. В. Вирунен, А. В. Прусаков, Д. С. Былинская // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3(50). – С. 114-119. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.3.114. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27238644>
9. Зеленовский, Н. В. Анатомия и физиология сельскохозяйственных животных: Учебник для СПО / Н. В. Зеленовский, М. В. Щипакин, К. Н. Зеленовский. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. – 448 с.
10. Зеленовский, Н. В. Анатомия и физиология животных: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / Н. В. Зеленовский, А. П. Васильев, Л. К. Логинова. – 3-е издание, стереотипное. – Москва: Академия, 2010. – (Учебник). – 368 с.
11. Melnikov, S. Methods for studying the ductus venosus in animals / S. Melnikov, D. Bylinskaya, N. Zelenevskiy [et al.] // FASEB Journal. – 2022. – Vol. 36. – № S1. – P. 3727. DOI: 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3727. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48546731>
12. Щипакин, М. В. Дуга аорты и её ветви у лошадей в пренатальном периоде развития / М. В. Щипакин, Д. С. Былинская, В. А. Хватов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 31(194). – С. 130-138. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49953365>
13. Криштофорова, Б. В. Ветеринарная неонатология с основами репродуктологии: монография / Б. В. Криштофорова, Н. В. Саенко, В. В. Лемещенко. – Симферополь: Полипринт, 2020. – 300 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44821225>

## REFERENCES

1. Bylinskaya, D. S. Epidural vertebral venous plexus of the cervical spine in calves / D. S. Bylinskaya, N. V. Zelenevsky, A.V. Prusakov [et al.] // Hippology and veterinary medicine. 2019:4(34):63-66. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43146335>
2. Bylinskaya, D. S. Venous blood outflow from the cervical spinal cord in calves / D.

- S. Bylinskaya, D. V. Vasiliev [et al.] // Morphology in the XXI century: theory, methodology, practice: Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Moscow, 01-04 June 2021. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin", 2021:34-36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45841490>
3. Bylinskaya, D. S. Unpaired visceral branches of the abdominal aorta of a domestic cat according to vasorentgenography / D. S. Bylinskaya, M. V. Shchipakin, V. A. Khvatov // Hippology and veterinary medicine. 2022;1(43):112-121. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48157507>
4. Vasiliev, D. V. Variant anatomy of the axillary vein in pigs of meat breeds / D. V. Vasiliev, M. V. Shchipakin // Borodino readings: Materials of the III International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of Academician of the Russian Academy of Sciences Yuri Ivanovich Borodin, Novosibirsk, March 22, 2022. – Novosibirsk: Novosibirsk State Medical University, 2022. – pp. 92-97. Access mode: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48518184>
5. Zelenevsky, N. V. Extramural venous vascularization of the thoracic limb of a sheep of the dorper breed / N. V. Zelenevsky, D. S. Bylinskaya, D. V. Vasiliev, V. A. Khvatov // Questions of veterinary histology: collection of scientific papers / Editor-in-chief - Yunusov H.B., Deputy editor-in-chief - Fedotov D. N. Volume Issue 1. – Samarkand: Samarkand Institute of Veterinary Medicine, 2020:32-37. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44825779>
6. Zelenevsky, N. V. Venous and lymphatic channels of the thoracic limb of a goat / N. V. Zelenevsky, K. N. Zelenevsky // Hippology and veterinary medicine. 2015;1(15):25-33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24252718>
7. Zelenevsky, N. V. Valves of veins as one of the mechanisms of adaptation of the vascular system to work in the gravitational field of the Earth / N. V. Zelenevsky, A. P. Vasiliev, L. K. Loginova // Materials of the jubilee international scientific conference dedicated to the 200th anniversary of higher veterinary education in Russia and the 200th anniversary of SPbGAVM, St. Petersburg. St. Petersburg, January 28 – 01, 2008. – St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2008:35-38. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25396102>
8. Shchipakin, M. V. Anatomy of the skeleton of the shoulder and forearm in basset Hound dogs / M. V. Shchipakin, S. V. Virunen, A.V. Prusakov, D. S. Bylinskaya // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2016;3(50):114-119. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.3.114. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27238644>
9. Zelenevsky, N. V. Anatomy and physiology of farm animals: Textbook for SPO / N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, K. N. Zelenevsky. – St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2022:448.
10. Zelenevsky, N. V. Anatomy and physiology of animals: textbook for students of educational institutions of secondary vocational education / N. V. Zelenevsky, A. P. Vasiliev, L. K. Loginova. – 3rd edition, stereotypical. – Moscow: Academy, 2010:368.
11. Melnikov, S. Methods for studying the ductus venosus in animals / S. Melnikov, D. Bylinskaya, N. Zelenevskiy [et al.] // FASEB Journal. 2022;36:S1:3727. DOI: 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3727. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48546731>
12. Shchipakin, M. V. Aortic arch and its branches in horses in the prenatal period of development / M. V. Shchipakin, D. S. Bylinskaya, V. A. Khvatov // Izvestia of agricultural science of Taurida. 2022;31(194):130-138. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49953365>
13. Krishtoforova, B. V. Veterinary neonatology with the basics of reproductology: monograph / B. V. Krishtoforova, N. V. Saenko, V. V. Lemeshchenko. – Simferopol: Polyprint, 2020:300. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44821225>

УДК: 611.126 : 591.4

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.261

## МИОЭНДОКАРДИАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАМЕР СЕРДЦА ВОДЯНОГО ОЛЕНЯ (HYDROPTES INERMIS) В СТАТИСТИКЕ

Жилин Р.А.<sup>1</sup> – к.вет.н., доцент института животноводства и ветеринарной медицины (ORCID 0000-0002-7523-5619), Тарасевич В.Н.<sup>\*2</sup> – к.вет.н., доц. каф. специальных ветеринарных дисциплин (ORCID 0000-0001-8736-9895)

1 – ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

2 – ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет  
имени А.А. Ежевского»

\*tarasevich7239@mail.ru

**Ключевые слова:** водяной олень, морфология сердца, гребешковые мышцы, септомаргинальные трабекулы, животные Дальнего Востока РФ.

**Keywords:** water deer, morphology of the heart, scallop muscles, septomarginal trabeculae, animals of the Far East of the Russian Federation.

Поступила: 13.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Настоящая статья является продолжением серии исследований, посвящённых достаточно новому для Российской Федерации виду животных – водяному оленю (*Hydropotes inermis argyropus*). Этот представитель животного мира зафиксирован не так давно на просторах дальневосточной тайги, но уже занесён в Красную книгу России. Водяной олень распространяет ареал обитания с традиционных для него Китая и Кореи, и ещё немногочислен для нашей страны, но уже становится объектом незаконной добычи для браконьеров. В Центр диагностики ФГБОУ ВО Приморская ГСХА поступает трупный материал от водяного оленя для экспертизы, в рамках следствия и судопроизводства, что позволяет так же и изучать его морфологию. В процессе судебно-ветеринарной экспертизы к материалу применяются стандартные методики изучения морфометрических особенностей организма. Органы подвергаются измерению, фотографированию с описанием всех отмеченных особенностей. В процессе написания статьи нами было изучено три сердца от животных обоих полов, в возрасте 2-3 лет. Установлено, что морфометрические параметры сердца внутри группы варьировали незначительно. Сердце хорошо развитое, индекс – соответствует шаровидной форме. Архитектоника миоэндокардиальных образований достаточно стабильна по своей структуре у животных изученной группы, они узнаваемы при работе с каждым новым сердцем водяного оленя. Сердце водяного оленя округлое, с заострённой верхушкой, имеет выраженные ушки предсердий, правое при этом несколько больше левого. Соотношение толщины стенок левого и правого желудочков 2:1 соответственно. Аналогичные показатели стенок предсердий разнятся незначительно. Сердце водяного оленя отличается хорошо выделяющейся трабекулярной системой, гребешковые мышцы предсердий и мясистые трабекулы желудочков имеют выраженную гребневидную

структуру. Отмечено отсутствие каудальной септомаргинальной трабекулы в правом желудочке, однако роль её выполняет сеть сухожильных перекидных трабекул, расположенных между межжелудочковой перегородкой и каудальной стенкой, образующих несколько ярусов.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Актуальность выбранной темы обусловлена видовым разнообразием дальневосточной тайги, а также её недостаточной изученностью. Приведённые данные могут стать ценным вкладом в дело судебно-ветеринарной экспертизы, так как уже сейчас, не успев сформироваться в самостоятельную популяцию, водяной олень подвергается варварскому истреблению со стороны нечистоплотных охотников. В процессе своей деятельности злоумышленники расчленивают части тела добытых животных, и на стол ветеринарного эксперта они зачастую попадают в неопознаваемом на первый взгляд виде. Детальное описание органов указанного вида поможет в идентификации останков [1]. Анатомия органов водяного оленя сама по себе нова для нашей страны [2], тем более, это касается более детального изучения такой важной системы, как сердечно-сосудистая, и её центрального органа – сердца.

Сердце для организма животных выполняет важные функции, где обеспечивает передачу не только кислорода и выведение углекислого газа, но и доставку к тканям необходимого количества питательных веществ и выведение от них продуктов метаболизма. Важную роль при этом выполняют и органы, поддерживающие фазы дыхания у животных, которые способствуют усилению притока венозной крови к органу [3, 4].

Морфология сердца и его структур привлекала внимание многих исследователей, где приведены данные анатомии сердца по амурскому тигру и дальневосточному лесному коту [5, 6], кошкам породы майн-кун, домашней кошке и евразийской рыси [7, 8], байкальской нерпе [9-11], коз англо-нубийской породы [12-14]. Однако работ по морфологии сердца у водяного оленя *Hydropotes inermis*, кроме описаний морфологии по одному органу [15], нами не обнаружено.

В результате чего, целью исследования, являлось определить особенности миоэндокардиальных образований сердца водяного оленя (*Hydropotes inermis*) и провести расчёты их морфометрических параметров.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Материалом исследования выступили сердца взрослых особей водяного оленя подвиды *Hydropotes inermis*, 2-3-летнего возраста, извлечённые из трупов в процессе проведения патологоанатомического вскрытия в Центре диагностики болезней животных ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, доставленных Федеральной службой по надзору в сфере природопользования по Приморскому краю. Возраст определяли с использованием методики Г.А. Клевезаля и С. Е. Клейненберга (1967) [16].

Процесс вскрытия, препарирования и морфометрии материала осуществлялся с соблюдением соответствующих рекомендаций. Методики полно и развернуто, представлены в разделе «Материал и методы исследований» диссертации автора [5]. Для оценки состояния морфологических структур использовали различные приспособления [17, 18].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Сердце водяного оленя шаровидной формы (индекс 79,67%) с заострённой верхушкой и хорошо выраженными ушками предсердий. Масса органа  $166,67 \pm 18,4$  г, его относительная масса составила 1%. При замере толщин стенок камер сердца получены следующие морфометрические данные: левого желудочка –  $12,97 \pm 1,75$ ; правого желудочка –  $6,84 \pm 0,84$ ; левого предсердия  $1,52 \pm 0,2$ ; правого предсердия  $2,05 \pm 0,23$  мм (рис. 1).

Ушки предсердий хорошо развиты, локализируются над соответствующими желудочками и разнятся в размерах, правое имеет размеры  $43,88 \pm 2,37$  в длину и  $30,11 \pm 3,98$  мм в ширину. Левое более



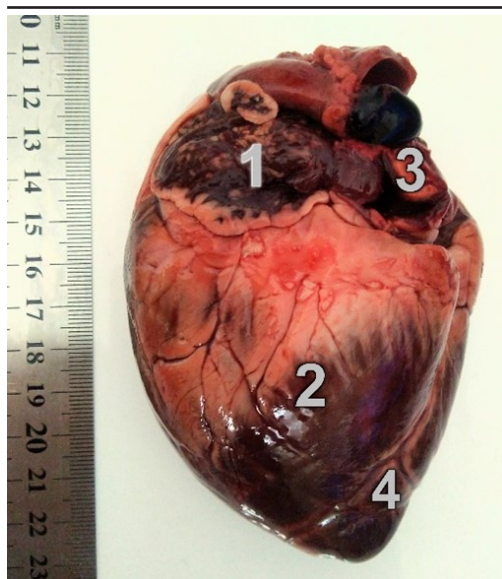
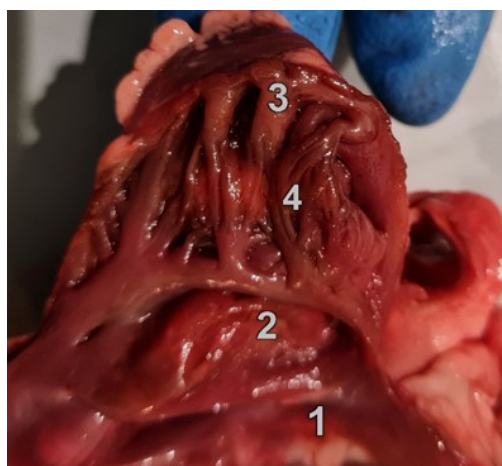
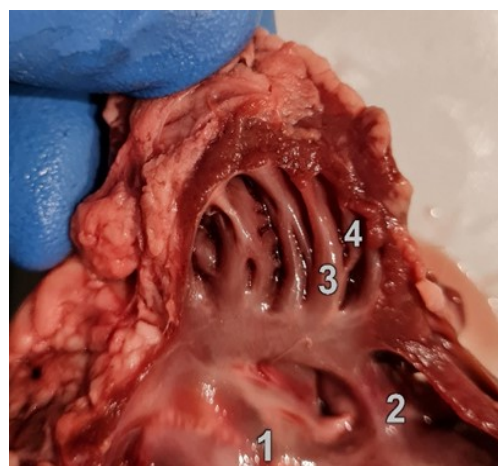


Рис. 1. Сердце водяного оленя: 1 – ушко правого предсердия; 2 – правый желудочек; 3 – ушко левого предсердия; 4 – левый желудочек



А



Б

Рис. 2. Внутренняя поверхность предсердий сердца водяного оленя (А – правое, Б – левое): 1 – пограничный гребень; 2 – венечный синус; 3 – гребешковые мышцы первого порядка; 4 – гребешковые мышцы второго порядка

компактное, границы его  $35,83 \pm 4,4$  на  $26,94 \pm 4,8$  мм. Превосходство в параметрах правого предсердия отмечено также в работах по байкальской нерпе [9].

Внутренние структуры относительно просты и включают гребешковые мышцы двух порядков, отходящие от погранично-

го гребня и венечный синус. Мышцы правого предсердия первого и второго порядка по длине практически не отличаются, в диаметре вторые заметно уступают первым. Аналогичные образования левого предсердия малочисленнее, но более крупные (рис. 2).



Гребешковые мышцы первого порядка древовидно отходят от пограничного гребня, мышцы второго порядка лучами отходят от мышц первого порядка под острым углом. Морфометрические данные представлены в таблице 1.

Камеры желудочков сердца водяного оленя, высокоразвитые с компактным расположением эндокардиальных образований, представленными сосочково-трабекулярным аппаратом: непосредственно сосочковыми мышцами, мясистыми и септомаргинальными трабекулами, створками клапанов и их фиброзными кольцами. Опорная и амортизирующая функция желудочков осуществляется посредством сухожильных хорд различной локализации.

Внутренняя поверхность желудочков на большей своей площади покрыта мясистыми трабекулами, которые подразделяются на перекладки и перемычки.

В левом желудочке рельеф мясистых трабекул максимально сглажен в области притока – на медиальной стенке, однако дорсальнее, на этой же стенке и на обеих соседних, они хорошо выражены с глубокой бороздчатостью. На краниальной стенке трабекулы имеют вид перекидных. В правом желудочке медиальная стенка почти гладкая, с единичными слабо выраженными перекладками и перемычками, преимущественно на границе с соседними стенками. Параметры указанных структур представлены в таблице 2.

**Таблица 1**  
**Морфометрические показатели гребешковых мышц предсердий**  
**сердца водяного оленя, М±m**

| Предсердия                        | Правое предсердие |            | Левое предсердие |            |
|-----------------------------------|-------------------|------------|------------------|------------|
| Показатели<br>(гребешковые мышцы) | I порядка         | II порядка | I порядка        | II порядка |
| Количество, шт.                   | 5-7               | 18-20      | 3-5              | 14-19      |
| Длина, мм                         | 10,15±2,16        | 10,53±0,78 | 13,7±3,5         | 12,8±5,63  |
| Ширина, мм                        | 3,92±0,81         | 1,87±0,05  | 4,43±2,63        | 1,8±0,67   |

**Таблица 2**  
**Морфометрические параметры мясистых трабекул желудочков**  
**водяного оленя, М±m**

| Показатель            |            | Левый желудочек |                |              | Правый желудочек |                |              |
|-----------------------|------------|-----------------|----------------|--------------|------------------|----------------|--------------|
|                       |            | Длина<br>(мм)   | Ширина<br>(мм) | Число<br>(n) | Длина<br>(мм)    | Ширина<br>(мм) | Число<br>(n) |
| Краниальная<br>стенка | Перекладки | 8,9±1,7         | 3,0±0,7        | 6-7          | 11,3±4,6         | 3,4±1,0        | 6-15         |
|                       | Перемычки  | 1,6±0,4         | 1,4±0,8        | 5-12         | 2,3±0,6          | 1,4±0,3        | 7-13         |
| Каудальная<br>стенка  | Перекладки | 7,8±1,8         | 2,6±1,4        | 4-9          | 8,8±2,6          | 2,8±0,9        | 6-9          |
|                       | Перемычки  | 1,6±0,5         | 0,8±0,3        | 4-7          | 2,1±0,3          | 1,3±0,7        | 5-10         |
| Медиальная<br>стенка  | Перекладки | 17,2±4,2        | 3,5±0,6        | 8-11         | 7,1±1,9          | 2,9±1,4        | 4-9          |
|                       | Перемычки  | 1,6±0,6         | 1,3±0,9        | 11-16        | 2,0±0,5          | 0,6±0,1        | 6-8          |

Септомаргинальные трабекулы желудочков выполняют важную опорную функцию, располагаясь между основанием основной пристенной сосочковой мышцы соответствующего желудочка и его медиальной стенкой, данные миоэндокардиальные образования служат своеобразным связующим мостиком и препятствуют перерастягиванию стенок камеры. У всех исследованных животных септомаргинальные трабекулы имеют общий характерный вид и далее будут описаны.

Так, септомаргинальные трабекулы *левого желудочка* стабильны в своем формообразовании, это сухожильные образования, состоящие из 1-2 центральных тяжей и нескольких ответвлений, меньшего диаметра прикрепляющихся к основанию основных сосочковых мышц и межжелудочковой перегородке.

Параметры септомаргинальных трабекул: краниальная в длину  $17,72 \pm 7,9$  в диаметре  $0,72 \pm 0,14$  мм; каудальная в длину  $23,56 \pm 4,51$  в диаметре  $0,58 \pm 0,35$  мм.

Септомаргинальные трабекулы *правого желудочка* представлены в основном хорошо выраженной краниальной трабекулой, широкой, сухожильно-мышечного типа, расположенной между основанием большой сосочковой мышцы и межжелудочковой перегородкой.

Однако, у мелкого рогатого скота септомаргинальная трабекула соединяет основание подартериальной и большой сосочковой мышц [14].

Каудальная септомаргинальная трабекула в классическом понимании отсутствует, роль её выполняет сеть коротких сухожильных струн, располагающихся между межжелудочковой перегородкой и каудальной стенкой желудочка.

Параметры краниальной септомаргинальной трабекулы составляют  $15,4 \pm 6,38$  в длину и  $2,22 \pm 0,98$  мм в диаметре.

Наиболее выраженные миоэндокардиальные образования желудочков – сосочковые мышцы, которые играют основную роль в работе атриовентрикулярных клапанов, соединяясь со створками посредством сухожильных струн.

В *левом желудочке* водяного оленя две основные сосочковые мышцы, дополнительных не выявлено. Обе мышцы пристенной локализации (рис. 3).

В работах по дальневосточному лесному коту и амурскому тигру упоминается такое же количество сосочковых мышц [5, 6], а в сердца евразийской рыси и байкальской нерпы имеется еще одна – добавочная каудальная [8, 9].

*Подпредсердная* сосочковая мышца, в двух случаях цилиндрической формы с одной головкой, и в одном сложной неопределённой формы с двумя головками, имеет параметры  $17,86 \pm 3,54$  на  $15,48 \pm 3,79$  мм. *Подушковая* сосочковая мышца, у всех исследованных животных была цилиндрической формы с одной головкой, размеры  $15,3 \pm 2,38$  на  $11,35 \pm 1,31$  мм.

*Правый желудочек*, кроме трёх основных, имеет от двух до четырёх дополнительных сосочковых мышц (рис. 4).

В работах по амурскому тигру отмечено наличие семи-деяти сосочковых мышц [5, 6], а у байкальской нерпы их семь [11].

На стенке желудочка расположена крупная *большая* сосочковая мышца, в двух случаях имела сложную неопределённую форму с тремя головками, и в одном была цилиндрической формы, её размеры  $14,92 \pm 2,9$  на  $10,72 \pm 3,16$  мм.

Основные сосочковые мышцы перегородки, *подартериальная* и *малая*, обе выражены незначительно. Первая из них в двух случаях цилиндрической формы и в одном сложной неопределённой с двумя головками, её параметры:  $5,45 \pm 2,54$  в длину и  $5,71 \pm 1,07$  мм в ширину. Вторая так же неоднородна по форме, два случая – конусовидная, и один цилиндрическая, размеры её  $6,92 \pm 0,59$  на  $5,76 \pm 1,66$  мм.

Самая крупная дополнительная сосочковая мышца так же локализуется на медиальной стенке, конусовидной формы, размеры  $4,92 \pm 2,39$  на  $4,65 \pm 2,25$  мм.

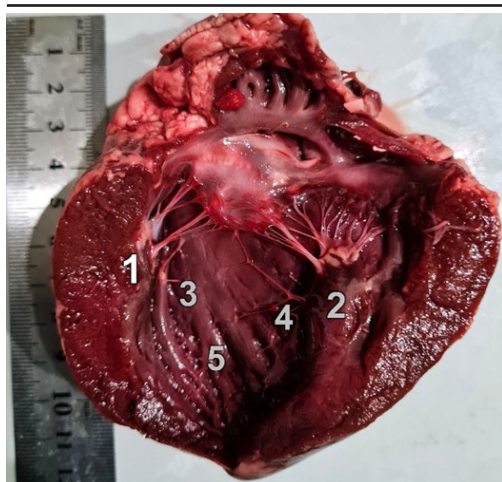


Рис. 3. Левый желудочек водяного оленя: 1 – подпредсердная сосочковая мышца; 2 – подушковая сосочковая мышца; 3 – краниальная септомаргинальная трабекула; 4 – каудальная септомаргинальная трабекула; 5 – мясистые трабекулы

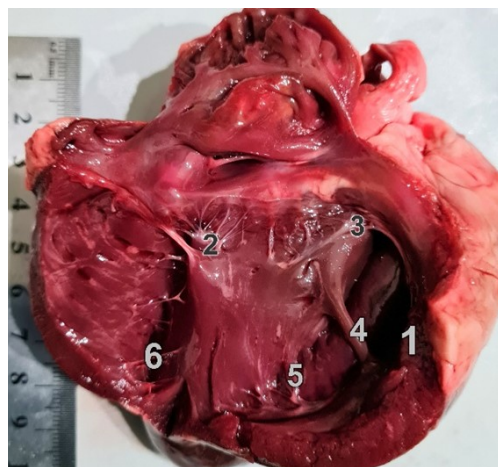


Рис. 4. Правый желудочек водяного оленя: 1 – большая сосочковая мышца; 2 – малая сосочковая мышца; 3 – подартериальная сосочковая мышца; 4 – краниальная септомаргинальная трабекула; 5 – мясистые трабекулы; 6 – сеть сухожильных трабекул

#### Выводы / Conclusion

1. Сердце водяного оленя хорошо развито, о чем свидетельствует его высокая относительная масса, оно шаровидной формы. Животное обитает в заболоченных местностях, поймах рек и других водоёмов, они труднопроходимы, что требует высокой выносливости сердца.

2. Гребешковые мышцы предсердий, участвующие в формировании завихрений проходящей через них крови, хорошо выражены и имеют упорядоченную структуру.

3. Мясистые трабекулы создают высоко выраженный рельеф в области верхушки в левом желудочке, в правом это характерно для его каудальной стенки.

4. Септомаргинальные трабекулы левого желудочка представлены основными, более толстыми струнами, и их тонкими дистальными ответвлениями. В правом желудочке отмечается мощная краниальная септомаргинальная трабекула, сухожильно-мышечного типа и отсутствие каудальной. Роль последней выполняют тонкие сухожильные нити, ярусно

располагающиеся между каудальной и медиальной стенками.

5. В левом желудочке дополнительных сосочковых мышц не выявлено, обе основные сосочковые мышцы мощные, преимущественно цилиндрической формы. Наиболее крупная из них подпредсердная. В правом желудочке обнаруживаются дополнительные сосочковые мышцы, до четырёх единиц, все перегородковые. Самая крупная основная сосочковая мышца – большая. По форме сосочковые мышцы правого желудочка переменны.

#### MYOENDOCARDIAL FORMATIONS OF THE CHAMBERS OF THE HEART OF THE WATER DEER (HYDROPOTES INERMIS) IN STATISTICS.

<sup>1</sup>Zhilin R.A. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine; <sup>2</sup>Tarasevich V.N. – Candidate of Veterinary sciences, Associate Professor of the Department of special veterinary disciplines;

<sup>1</sup>FGBOU VO "Primorsky State Agricul-

tural Academy";

<sup>2</sup>FSBEI HE "Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky.

\*tarasevich7239@mail.ru

## ABSTRACT

This article is a continuation of a series of studies devoted to a fairly new animal species for the Russian Federation – the water deer (*Hydropotes inermis argyropus*). This representative of the animal world was recorded not so long ago in the expanses of the Far Eastern taiga, but is already listed in the Red Book of Russia. The water deer spreads its habitat from China and Korea, which are traditional for it, and is still not numerous for our country, but it is already becoming an object of illegal extraction for poachers. The Diagnostic Center of the Primorsky State Agricultural Academy receives cadaverous material from a water deer for examination, as part of the investigation and legal proceedings, which also allows to study its morphology. In the process of forensic veterinary examination, standard methods for studying morphometric features of the organism are applied to the material. The organs are measured, photographed with a description of all the noted features. In the process of writing the article, we studied three hearts from animals of both sexes, aged 2-3 years. It was found that the morphometric parameters of the heart within the group varied slightly. The heart is well developed, the index corresponds to a spherical shape. The architectonics of myoendocardial formations is quite stable in its structure in animals of the studied group, they are recognizable when working with each new heart of a water deer. The heart of a water deer is rounded, with a pointed tip, has pronounced auricles of the atria, while the right one is slightly larger than the left one. The ratio of the thickness of the walls of the left and right ventricles is 2:1, respectively. Similar indicators of the walls of the atria vary slightly. The heart of a water deer is distinguished by a well-defined trabecular system, the scallop muscles of the atria and the fleshy trabeculae of the ventricles have a pronounced comb-like structure. The absence of a caudal septo-

marginal trabecula in the right ventricle was noted, however, its role is performed by a network of tendon-shaped trabeculae located between the interventricular septum and the caudal wall, forming several tiers.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев Д.А. Две новые встречи водяного оленя *Hydropotes inermis* в окрестностях города Уссурийска (Приморский край) / Д. А. Беляев, И. П. Короткова, Е. Н. Любченко [и др.] // Вестник ИрГСХА. – 2021. – № 103. – С. 64-73.
2. Артемьева Е.А. Морфология атипичных лимфатических узлов брюшной полости водяного оленя подвиды *Hydropotes inermis argyropus* / Е.А. Артемьева, И.А. Чекарова // Дальневосточный аграрный вестник. - 2017. - № 3 (43). - С. 35-42.
3. Тарасевич В.Н. Особенности морфологии поперечного грудного мускула у маралов в постнатальном онтогенезе / В.Н. Тарасевич // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 6(129). – С. 150-154.
4. Tarasevich V.N. Morphological features of the venous bed of the heart of the Baikal seal. BIO Web of Conferences: Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021, Kazan: EDP Sciences; 2021. p. 00061. DOI 10.1051/bioconf/20213700061.
5. Жилин Р.А. Морфометрические параметры сердца диких кошачьих Приморского края: диссертация ... канд. вет. наук. – Улан-Удэ. – 2017. – 20 с.
6. Жилин Р.А. Морфометрические характеристики внутренних структур сердца амурского тигра в возрасте одного-трех лет / Р.А. Жилин, И.П. Короткова // Вестник КрасГАУ. – Красноярск: изд-во «Красноярский государственный аграрный университет». – 2015. – №12. – С. 220-226.
7. Былинская Д.С. Анатомо-топографические закономерности левой коронарной артерии сердца кошки породы мейн-кун / Д.С. Былинская, Н.В. Зеленевский, Д.В. Васильев // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 3. – С. 170-175. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.3.170.



8. Зеленовский Н.В. Рентгенографическая локация дуги аорты и ее ветвей у кошки домашней и рыси евразийской / Н.В. Зеленовский, М.В. Щипакин, Д.С. Былинская [и др.] // *Аграрная наука*. – 2022. – № 4. – С. 21-25. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-358-4-21-25.

9. Тарасевич В.Н. Особенности анатомии сердца у щенков байкальской нерпы / В.Н. Тарасевич, Н.И. Рядинская // *Иппология и ветеринария*. – 2020. – № 3(37). – С. 178-183.

10. Tarasevich V.N. Anatomical and histological structure of aortic valve in Baikal seal. *E3S Web of Conferences*, Orel, 24–25 february 2021, Orel; 2021. p. 08009. DOI 10.1051/e3sconf/202125408009.

11. Тарасевич В.Н. Особенности строения трехстворчатого клапана сердца у байкальской нерпы / В.Н. Тарасевич, Н.И. Рядинская // *Журнал Морфология*. – СПб.: изд-во ООО «Эскулап». – 2020. Т. 153. №2-3. – С. 208.

12. Васильев Д.В. Гистологические закономерности полулунного клапана легочного ствола у козы англо-нубийской породы / Д.В. Васильев, В.А. Хватов, Д.С. Былинская // *Международный вестник ветеринарии*. – 2022. – № 1. – С. 124-127. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.1.124.

13. Хватов В.А. Закономерности гистологического строения межжелудочковой перегородки сердца козы англо-нубийской породы / В.А. Хватов, М.В. Щипакин, Н. В. Зеленовский [и др.] // *Международный вестник ветеринарии*. – 2021. – № 4. – С. 141-146. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2021.4.141.

14. Хватов В.А. Морфология правой септомаргинальной трабекулы козы англо-нубийской породы / В.А. Хватов, М.В. Щипакин // *Международный вестник ветеринарии*. – 2021. – №1. – С. 214-220. <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.1.214>.

15. Жилин Р.А. Анатомия сердца водяного оленя (*Hydropotes Inermis Argyropus*) / Р.А. Жилин // *Вестник ИрГСХА*. – 2020. – № 98. – С. 43-52.

16. Клевезаль Г.А. Определение возраста млекопитающих по слоистым структурам

зубов и кости / Г.А. Клевезаль, С. Е. Клейненберг. – М.: Наука. 1967. 144 с.

17. Малофеев Ю.М. Пинцет для работы с лимфатической системой / Ю.М. Малофеев, Л.В. Ткаченко, В.Н. Тарасевич [и др.] // *Аграрный вестник Урала*. – 2009. – № 6(60). – С. 55-56.

18. Малофеев Ю.М. Способ целостной фиксации комплекса органов у мелких животных с сохранением топографии и последующими комплексными морфологическими исследованиями / Ю.М. Малофеев, Л.В. Ткаченко, В.Н. Тарасевич [и др.] // *Аграрный вестник Урала*. 2009;7 (61):79-81.

## REFERENCES

1. Belyaev D.A., Korotkova I.P., Lyubchenko E.N. et al. Two new encounters of the water deer *Hydropotes Inermis* in the vicinity of the city of Ussuriysk (Primorsky Krai). *Bulletin of the IrGSHA*. 2021;103:64-73. (In Russ.)
2. Artemyeva E.A., Chekarova I.A. Morphology of atypical lymph nodes of the abdominal cavity of the water deer subspecies *Hydropotes inermis argyropus*. *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2017;3(43):35-42. (In Russ.)
3. Tarasevich V.N. Features of the morphology of the transverse pectoral muscle in marals in postnatal ontogenesis. *Vestnik KrasGAU*. 2017;6(129):150-154. (In Russ.)
4. Tarasevich V.N. Morphological features of the venous bed of the heart of the Baikal seal. *BIO Web of Conferences: Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources*, Kazan, 28–29 may 2021, Kazan: EDP Sciences; 2021. p. 00061. DOI 10.1051/bioconf/20213700061.
5. Zhilin R.A. Morphometric parameters hearts of wild cats of Primorsky Krai: dissertation ... Candidate of Veterinary Sciences. Ulan-Ude. 2017. 20 p.
6. Zhilin R.A., Korotkova I.P. Morphometric characteristics of the internal structures of the Amur tiger heart at the age of one to three years. *Bulletin of KrasGAU*. 2015;12 (111):220-226. (In Russ.)
7. Bylinskaya D.S., Zelenevsky N.V., Vasiliyev D.V. Anatomical and topographic pat-



- terns of the left coronary artery of the heart of a Maine coon cat. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022;(3):170-175. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.3.170>. (In Russ.)
8. Zelenevsky N.V., Shchipakin M.V., Bylinskaya D.S. et al. Radiographic location of the aortic arch and its branches in domestic cats and Eurasian lynx. *Agricultural science*. 2022;4:21-25. DOI 10.32634/0869-8155-2022-358-4-21-25. (In Russ.)
9. Tarasevich V.N., Ryadinskaya N.I. Features of the anatomy of the heart in Baikal seal puppies. *Hippology and veterinary medicine*. 2020;3(37):178-183. (In Russ.)
10. Tarasevich V.N. Anatomical and histological structure of aortic valve in Baikal seal. *E3S Web of Conferences*, Orel, 24–25 fevralya 2021, Orel; 2021. p. 08009. DOI 10.1051/e3sconf/202125408009.
11. Tarasevich V.N., Ryadinskaya N.I. Features of the structure of the tricuspid heart valve in the Baikal seal. *Morphology*. 2020;157(2-3):208. (In Russ.)
12. Vasiliev D.V., Khvatov V.A., Bylinskaya D.S. Histological patterns of the semilunar valve of the pulmonary trunk in the goat of the Anglo-Nubian breed. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022;1:124-127. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.1.124. (In Russ.)
13. Khvatov V.A., Shchipakin M.V., Zelenevsky N.V. et al. Regularities of the histological structure of the interventricular septum of the heart of the Anglo-Nubian goat breed. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2021;4:141-146. DOI 10.52419/issn2072-2419.2021.4.141. (In Russ.)
14. Khvatov V.A., Shchipakin M.V. Morphology of the right septomarginal trabecula of the Anglo-Nubian goat breed. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2021;1:214-220. <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.1.214>. (In Russ.)
15. Zhilin R.A. Anatomy of the heart of a water deer (*Hydropotes Inermis Argyropus*). *Bulletin of the IrGSHA*. 2020;98:43-52. (In Russ.)
16. Klevezal G.A., Kleinenberg S.E. Determination of the age of mammals by layered structures of teeth and bone. Moscow: Nauka. 1967. 144 p. (In Russ.)
17. Malofeev Yu. M., Tkachenko L.V., Tarasevich V.N. et al. Tweezers for working with the lymphatic system. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009;6(60):55-56. (In Russ.)
18. Malofeev Yu. M., Tkachenko L.V., Tarasevich V.N. et al. A method of holistic fixation of a complex of organs in small animals with preservation of topography and subsequent complex morphological studies. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009;7(61):79-81. (In Russ.)

УДК: 591.473.3:599.735.31

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.270

## АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕТЫРЁХГЛAVОЙ МЫШЦЫ БЕДРА У МЕЛКОГО РОГАТОГО СКОТА

**Широкова Е.О.** – к. биол. н., доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова, (ORCID 0000-0003-4891-5405), **Слесаренко Н.А.** \* – д. биол. н., проф. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова (ORCID 0000-0002-8350-5965), **Оганов Э.О.** – к. вет. н., доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова (ORCID 0000-0003-1206-4397).

ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина

\* slesarenko2009@yandex.ru

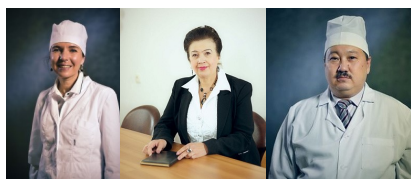
**Ключевые слова:** мелкий рогатый скот, коленный сустав, тазовая конечность, мышцы.

**Keywords:** small cattle, knee joint, pelvic limb, muscles.

Поступила: 18.01.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В данном исследовании представлены данные анатомического устройства четырёхглавой мышцы бедра у овцы дагестанской породы. Уточнены точки закрепления и степень развития головок данной мышцы, внесены дополнения в их классификацию по внутреннему строению. Исследования выполнены на кафедре анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина». Материалом для исследований служил секционный материал – тазовые конечности (n=10), отобранные от взрослых овец дагестанской горной породы, без внешних признаков патологий опорно-двигательного аппарата. Установлено, что прямая головка четырёхглавой мышцы, на своем проксимальном конце, формирует две сухожильные ножки: краниальная ножка – закрепляется в щелевидной форме «ямке прямой мышцы бедра», а латеральная ножка – на «латеральной шероховатости» над суставной впадиной подвздошной кости. Обе ножки, объединяясь, входят в мышечное брюшко, что позволяет типировать данную мышцу как перистую. Направление пучков мышечных волокон в местах их закрепления, позволяют утверждать, что латеральная и медиальная головки четырёхглавой мышцы бедра, кроме экстензии коленного сустава, участвуют так же в его абдукции и аддукции, а также выполняют факультативную функцию флексоров тазобедренного сустава. Представлены данные о топических особенностях анатомических образований на тазовой (безымянной) и бедренной костях – «площадка латеральной головки четырёхглавой мышцы бедра» на большом вертеле бедренной кости; «латеральная шероховатость прямой мышцы бедра» на подвздошной кости.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Изучение закономерностей и видовых особенностей строения скелетных мышц у продуктивных животных является одной из актуальных задач сравнительной морфологии и практической ветеринарно-санитарной экспертизы [1-8]. В доступной литературе имеются сведения, касающиеся функциональной анатомии мышечной системы у парнокопытных животных. Вместе с тем, данные об анатомических особенностях скелетной мускулатуры конечностей у мелкого рогатого скота (овцы) крайне немногочисленны. Не подлежит сомнению, что они могут внести вклад не только в видовую и породную анатомию продуктивных животных, но и иметь прикладное значение для АПК [9-13].

В связи с вышеизложенным, **цель** настоящего исследования – установить анатомо-топографические особенности четырёхглавой мышцы бедра у овцы и оценить функциональную значимость изучаемых структур.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования выполнены на кафедре анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина». Материалом для исследований служил секционный материал – тазовые конечности (n=10), отобранные от взрослых овец дагестанской горной породы, без внешних признаков патологий опорно-двигательного аппарата. Использовали методы тонкого макро- и микроанатомического препарирования под контролем бинокулярной лупы «Микромед HR 350 S», с последующим функциональным анализом изучаемых структур и скелето-топическим проецированием точек закрепления частей мышцы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

**Четырёхглавая мышца бедра** (*m. quadriceps femoris*) – одна из мощных многосуставных мышц тазовой конечности. Её краниальный контур округлён, а

сама мышца приобрела эллипсовидную форму. Располагаясь на краниальной поверхности бедренной кости, совместно с напрягателем широкой фасции бедра, мышца формирует краниальный контур бедра. Снаружи она покрыта глубокой фасцией, а с медиальной поверхности портняжной мышцей, которая краниальным краем срастается с широкой фасцией бедра, а латеро-каудальный край прикрывает двуглавая мышца бедра. Четырёхглавая мышца бедра у овцы, как и у других животных имеет четыре головки – латеральную, медиальную, прямую и промежуточную (рис. 1 А-В).

**Латеральная головка** (латеральная широкая мышца – *m. vastus lateralis*) – уплощённая (камбаловидной формы), снаружи выпуклая, а с внутренней поверхности – вогнутая, так как покрывает с латеральной поверхности прямую головку. Проксимальным сухожилием начинается на собственной площадке большого вертела бедренной кости (рис. 1 В-7, рис. 2 А-1.1). Перимизий латеральной головки по всей длине ее каудального края закрепляется на гребне латеральной губы бедренной кости (рис. 2 Б), продолжается вдоль латерального края ее плантарной ямки, затем переходит на латеральную поверхность коленной чашки. Краниальным краем пучки её мышечных волокон переходят на прямую мышцу бедра. В проксимальном направлении контур мышечного брюшка расширяется и округляется, покрывая на уровне большого вертела бедренной кости прямую головку и направляется к большому вертелу (рис. 1 А, В). Важно подчеркнуть, что перимизий латеральной головки срастается с таковой прямой мышцы бедра. Пучки её мышечных волокон дивергируют веерообразно к обширной поверхности наружного сухожильного зеркала латеро-краниальной поверхности прямой головки (рис. 1 В-1, рис. 2 Б-1.2, рис. 3 Б-1.1). В дистальной трети перимизий латеральной головки полностью срастается с дистальным сухожилием прямой головки (рис. 2 Б-1.3).

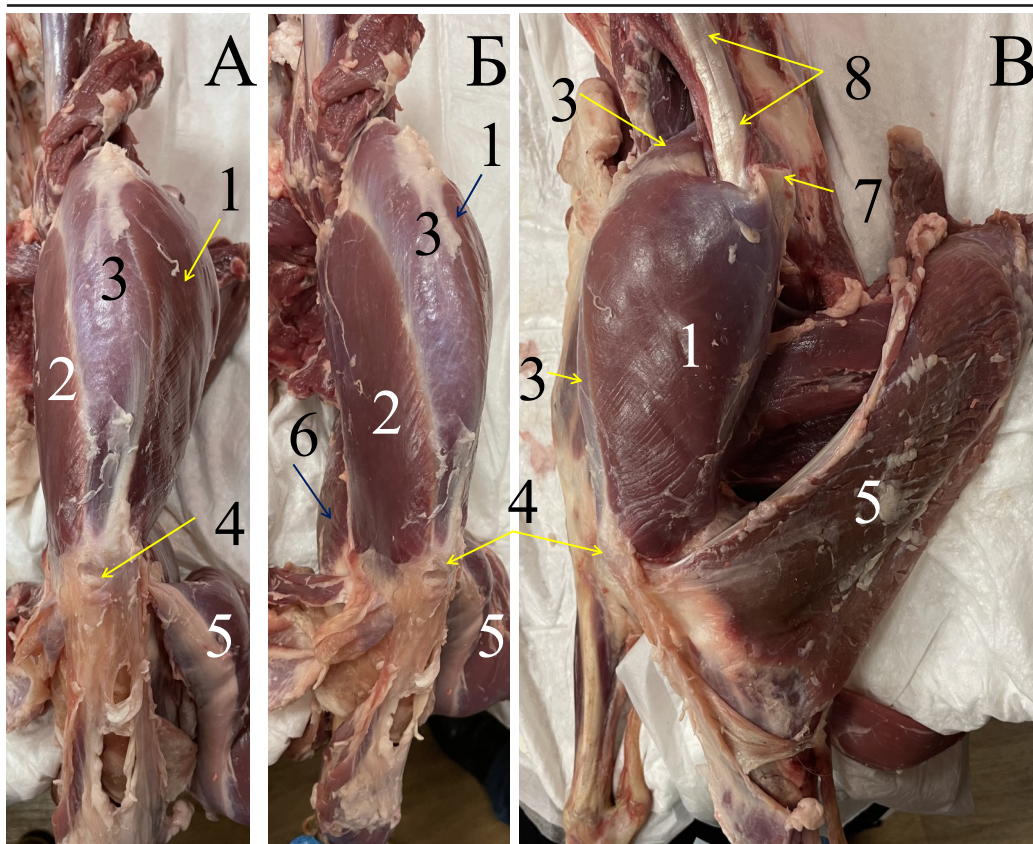


Рис. 1 Макропрепарат мышц тазовой конечности овцы (левая конечность), четырёхглавая мышца бедра: А - вид спереди, Б - вид с медико-краниальной поверхности и В - вид с латеральной поверхности бедра): 1 – Латеральная головка; 2 – Медиальная головка ч.м.б.; 3 – Прямая мышца (м.) бедра; 4 – Коленная чашка; 5 – Двуглавая мышца бедра (отведена); 6 – Дистальный конец полуперепончатой м.; 7 – Большой вертел бедренной кости; 8 – Сухожилие добавочной ягодичной м.

На внутренней поверхности латеральной головки имеется слабо развитое сухожильное зеркало, которое, распространяясь в дистальном направлении, формирует дистальное сухожилие, срастающееся с сухожилием прямой головки (рис. 2 Б, рис. 3 Б-1, указана стрелкой).

**Медиальная головка** (медиальная широкая мышца – m. vastus medialis) у овцы развита слабее латеральной (рис. 1 А, Б). Она более уплощена и покрывает на медиальной поверхности прямую мышцу бедра. Снаружи медиальной головки располагается портняжная мышца. По своей форме медиальная головка сходна с лате-

ральной. На проксимальном конце она начинается от площадки, расположенной на медиальной поверхности шейки бедренной кости до малого вертела. Далее, перимизий мышцы закрепляется на медиальной губе бедренной кости. Пучки мышечных волокон начинаются от шейки бедренной кости, от обширной площадки, расположенной на наружном сухожильном зеркале медиальной поверхности прямой головки, по всему периметру краниальной границы медиальной головки (рис. 1 Б-2, рис. 3 Б-2.1). Пучки её мышечных волокон ориентированы к медиальной губе бедренной кости (каудо-



вентрально) и далее дистально к коленной чашке. Вместе с этим, перимизий внутренней поверхности медиальной головки, также как и латеральной головки, формирует хорошо развитое сухожильное зеркало, волокна которого направлены дистально (рис. 3 Б-2, указана стрелкой). Несколько выше блока бедренной кости

они срастаются с перимизием прямой головки (рис. 3 Б-2.2). Нами установлено, что медиальная головка заканчивается сухожилием на медиальной поперечной связке коленной чашки вместе с сухожилием полуперепончатой мышцы, а большинство пучков волокон распространяется на коленную чашку.

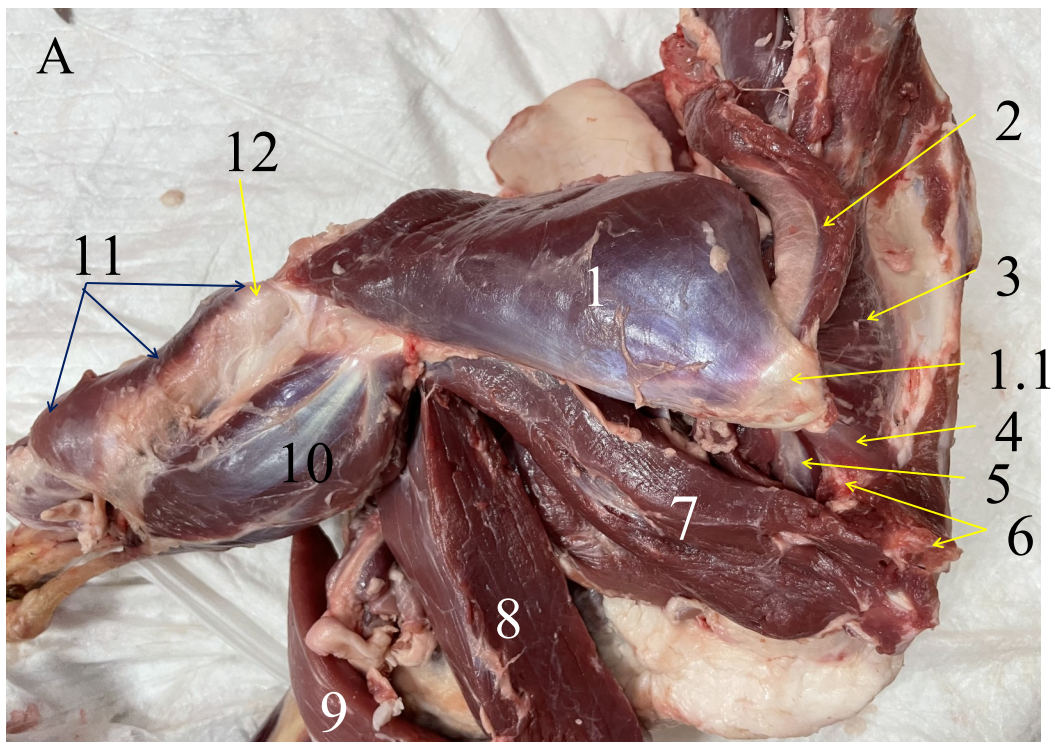


Рис. 2 Макропрепарат мышц тазовой конечности овцы (левая конечность), четырёх-главая мышца бедра: А – вид проксимального конца ч.м.б. с латеральной поверхности:

1 – Латеральная головка, 1.1 – место закрепления её проксимальным концом, 1.2 – поверхность закрепления мышечных волокон латеральной головки; 1.3 – место сращения латеральной и прямой головок ч.м.б.; 2 – Прямая мышца (м.) бедра; 3 – Латеральная часть промежуточной головки; 4 – Закрепление сухожилия добавочной ягодичной м.; 5 – Место закрепления глубокой ягодичной м.; 6 – Латеральная головка подвздошной м.; 7 – Большая поясничная м.

**Прямая головка** (прямая мышца бедра – m. rectus femoris) – имеет веретеновидную форму, с выступающим округлым краниальным контуром.

У овцы мышца расположена между латеральной и медиальной головками, а сама она лежит на промежуточной голов-

ке, в области краниальной поверхности бедра. Краниальная поверхность головки выступает наружу, располагается между латеральной и медиальной головками и по мере приближения к коленной чашке, суживается по всей длине (рис 1 А, Б, В-3).



У овцы, прямая головка проксимально начинается двумя сухожильными ножками, одна из них закрепляется в глубокой, вертикально ориентированной островальной формы «ямке прямой мышцы бедра», на кранио-вентральной поверхности подвздошной кости над суставной впадиной. Другая ножка закрепляется на «латеральной шероховатости прямой мышцы бедра» подвздошной кости, расположенной на её кранио-латеральной поверхности, также, над суставной впадиной (рис. 3 А-3.1). Пучки сухожильных волокон обеих ножек, объединяясь, входят в брюшко мышцы. В этой связи есть основание отнести данную мышцу к перистым.

На боковых поверхностях прямой мышцы бедра, начиная от её верхней трети, выявлены достаточно мощные наружные сухожильные зеркала, волокна которых направлены к коленной чашке. На боковой поверхности прямой мышцы бедра закрепляются выше названные головки четырёхглавой мышцы бедра (рис. 2 Б- 2, 1.2; рис. 3 А, Б- 1.1, 1.2). Латеральные и медиальные сухожильные зеркала прямой мышцы бедра на дистальном конце формируют мощные сухожилия, которые срастаются с сухожилиями латеральной и медиальной головок, и затем прикрепляется к основанию и краниальному бугорку коленной чашки.

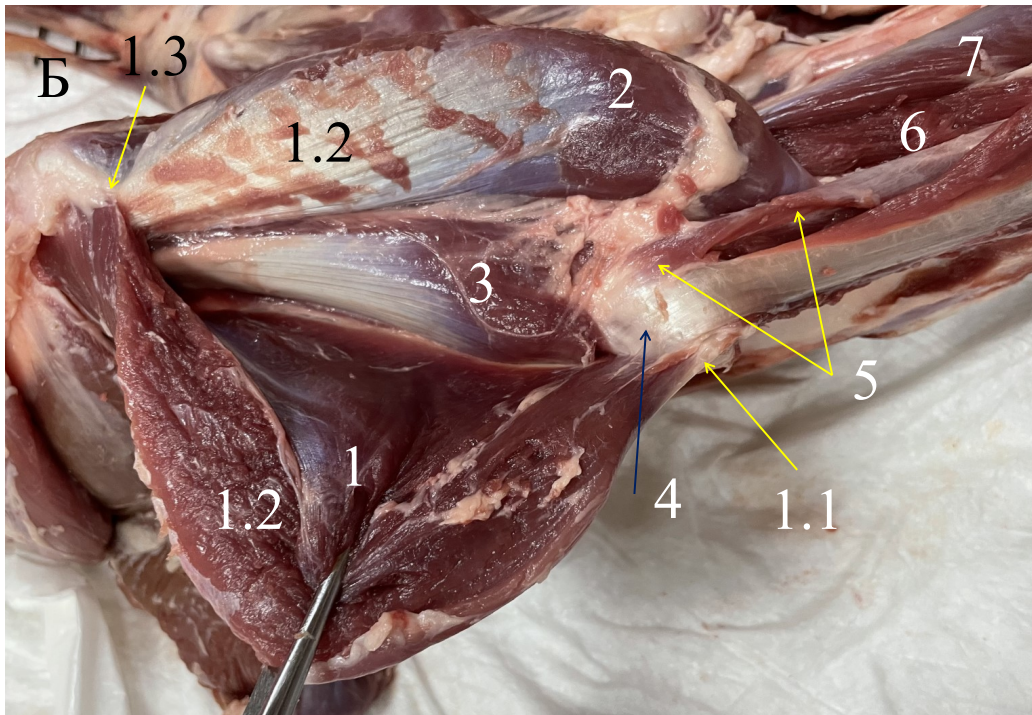


**Рисунок 2.** Макропрепарат мышц тазовой конечности овцы (левая конечность), четырёхглавая мышца бедра: **Б** – вид после отделения латеральной головки ч.м.б. с проксимального конца мышцы: **1** – Латеральная головка, **1.1** – место закрепления её проксимальным концом, **1.2** – поверхность закрепления мышечных волокон латеральной головки; **1.3** – место срастания латеральной и прямой головок ч.м.б.; **2** – Прямая мышца (м.) бедра; **3** – Латеральная часть промежуточной головки; **4** – Закрепление сухожилия добавочной ягодичной м.; **5** – Место закрепления глубокой ягодичной м.; **6** – Латеральная головка подвздошной м.; **7** – Большая поясничная м.

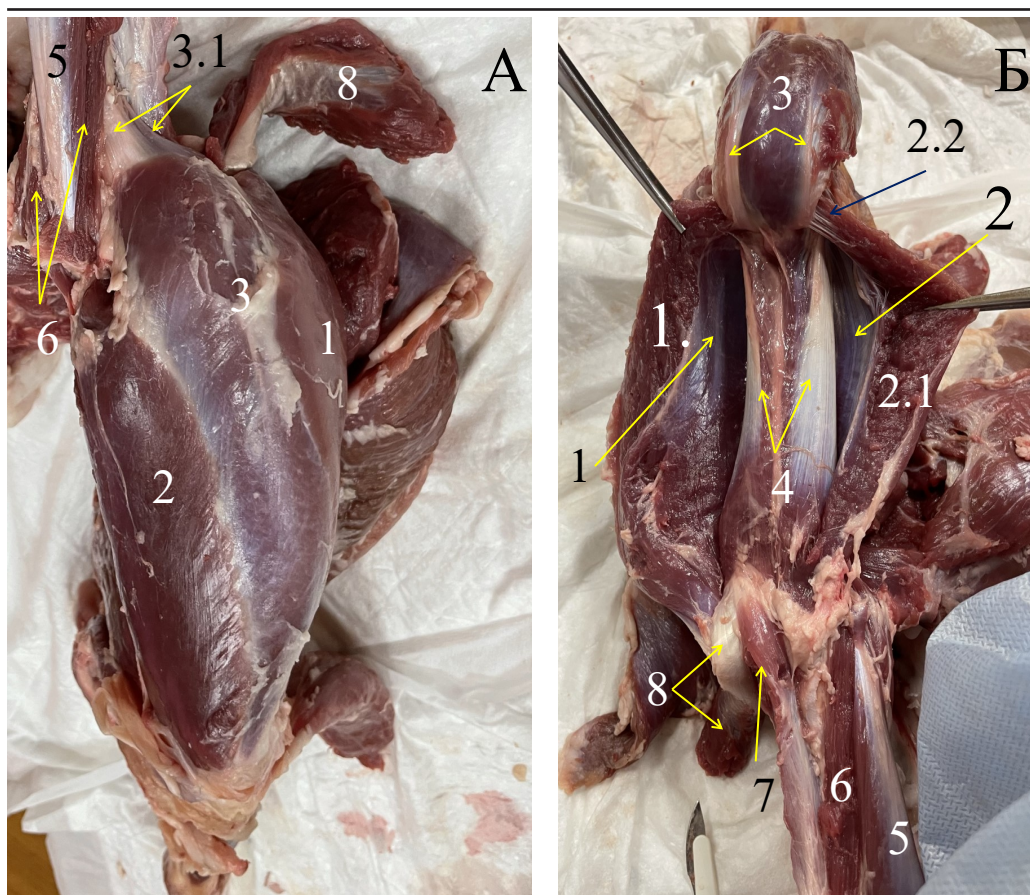


Рис. 3 Макропрепарат мышц тазовой конечности овцы (левая конечность): **А** – закрепление прямой и медиальной головок; **Б** – взаиморасположение головок ч.м.б. (прямая головка отсечена на проксимальном конце и вниз, вид с проксимального конца бедра): 1 – Латеральная головка (стрелкой указано сухожильное зеркало, 1.1 – поверхность закрепления мышечных волокон латеральной головки на прямой мышце бедра), 2 – Медиальная головка (стрелкой указано сухожильное зеркало, 2.1 – поверхность закрепления мышечных волокон медиальной головки на прямой мышце бедра, 2.2 – место срастания медиальной и прямой головок ч.м.б.), 3 – Прямая головка (3.1 – связка на проксимальном конце мышцы), 4 – Промежуточная головка ч.м.б.; 5 – Большая поясничная м.; 6 – Подвздошная м.; 7 – Глубокая ягодичная м.; 8 – Добавочная ягодичная м.

**Промежуточная головка**  
(промежуточная широкая мышца – m. vastus intermedius) у овцы расположена под прямой мышцей бедра, покрывает всю краниальную и боковые поверхности бедренной кости, занимая площадь по всей ее длине от шейки до блока бедренной кости, между латеральной и медиаль-

ной ее губами (рис. 3 Б- 4). На наружной поверхности мышцы по всей ее длине выявлен желобок, к которому направляются пучки мышечных и сухожильных волокон. Нельзя исключить, что промежуточная головка имеет в своем составе две сросшиеся между собой части.



Латеральная часть начинается от большого вертела, а медиальная часть – от шейки бедренной кости, далее пучки их мышечных волокон направляются дистально. На наружной поверхности мышцы формируется латеральное и медиальное сухожильные зеркала, которые формируют латеральное и медиальное сухожилия промежуточной головки, которые направляются по боковой поверхности

капсулы коленного сустава к латеральной поверхности краниального бугорка коленной чашки, где и закрепляются. Обе части срастаются своим перимизием (рис. 4- 4.1) и далее посредством сухожилий, соответственно с сухожилиями латеральной и медиальной головок четырехглавой мышцы бедра и прикрепляются к основанию коленной чашки.

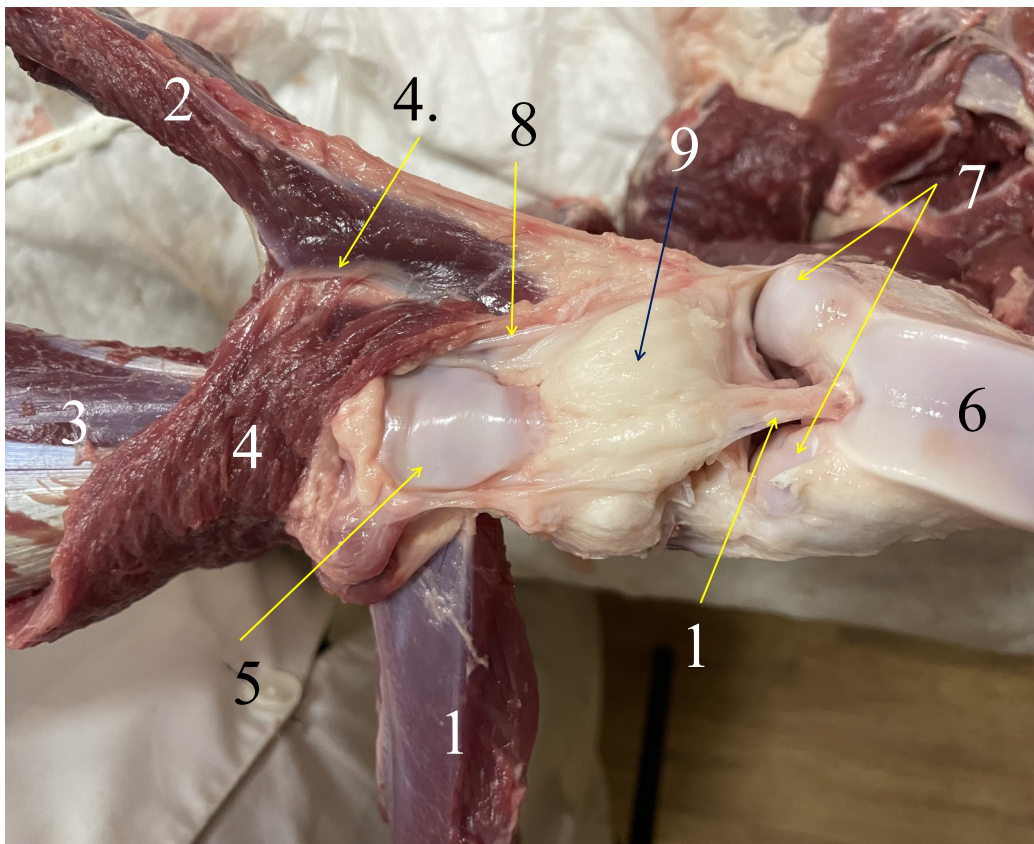


Рис. 4 Макропрепарат вскрытого коленного сустава овцы с отпрепарированными головками четырёхглавой мышцы бедра (левая конечность): 1 – Латеральная головка, 2 – Медиальная головка, 3 – Прямая головка, 4 – Промежуточная головка ч.м.б. (4.1. – место сращения медиальной части промежуточной головки с медиальной головкой ч.м.б.); 5 – Коленная чашка (с суставной поверхностью); 6 – Блок бедренной кости; 7 – Медиальный и латеральный мыщелки бедренной кости. Большая поясничная м.; 8 – Капсула сустава.

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, нами установлены общие закономерности и видовые особенности анатомического устройства четырёхглавой мышцы бедра у овцы дагестанской породы. Уточнены точки закрепления и степень развития головок данной мышцы, внесены дополнения в их классификацию по внутреннему строению. Так, у латеральной и медиальной головок сухожильные зеркала формируются на их внутренней поверхности и ориентированы к коленной чашке. Промежуточная головка, сформированная двумя частями – латеральной и медиальной, имеет, соответственно, два мощных сухожильных зеркала, направленных к латеральной и медиальной поверхностям коленной чашки (рис. 3 Б).

Прямая мышца бедра снабжена обширными сухожильными зеркалами на боковых поверхностях, и кроме основной своей функции они выполняют роль площадок для закрепления пучков мышечных волокон латеральной и медиальной головок. Установлено, что прямая головка, на своем проксимальном конце, формирует две сухожильные ножки: краниальная ножка – закрепляется в щелевидной форме «ямке прямой мышцы бедра», а латеральная ножка – на «латеральной шероховатости» над суставной впадиной подвздошной кости. Обе ножки, объединяясь, входят в мышечное брюшко, что позволяет типировать данную мышцу как перистую.

Латеральная головка хорошо развита и имеет вид пласта с выпуклым наружным контуром, который покрывает прямую головку почти на всём ее протяжении. Медиальная головка уступает по степени развития латеральной, она уплощена и покрывает две трети медиальной поверхности прямой головки.

Особого внимания заслуживает ориентация пучков мышечных волокон латеральной и медиальной головок четырёхглавой мышцы бедра. Так, пучки мышечных волокон латеральной головки, идущие от области большого вертела, веерообразно расходятся – от его уровня к кра-

ниальной поверхности, и дистально до нижней трети прямой головки четырёхглавой мышцы бедра. Пучки мышечных волокон пластом закрепляются на сухожильном зеркале латеральной головки. Далее пучки, начинающиеся от латеральной губы, также направляются к латеральному зеркалу прямой головки и продолжают дистально к коленной чашке.

Пучки мышечных волокон медиальной головки начинаются от шейки бедренной кости и медиальной губы, однако, характеризуются противоположным, по сравнению с латеральной головкой, ориентацией пучков мышечных волокон. Так, они направлены от медиальной губы косо кранио-проксимально, по всему контуру данной головки, к медиальному сухожильному зеркалу прямой головки.

Пучки мышечных волокон частей промежуточной головки ориентированы строго дистально – к латеральному и медиальному поверхностям коленной чашки, формируя мощные сухожильные зеркала, продолжающиеся в их сухожилия, которые срастаются с сухожилиями латеральной и медиальной головок четырёхглавой мышцы бедра, соответственно.

Вышеизложенное позволяет заключить, что хорошо развитый сухожильный аппарат четырёхглавой мышцы, в том числе ярко выраженные сухожильные зеркала ее головок свидетельствуют о важной статической функции мышцы.

Направление пучков мышечных волокон в местах их закрепления, позволяют утверждать, что латеральная и медиальная головки четырёхглавой мышцы бедра, кроме экстензии коленного сустава, участвуют так же в его абдукции и аддукции, а также выполняют факультативную функцию флексоров тазобедренного сустава.

Биомеханическая специфичность рассматриваемых головок связана со сложностью их взаимодействия в разные фазы локомоторного акта, при изменении точки опоры конечности. Без сомнений они меняются при передвижении или статического положения конечности.

В результате проведенного исследова-

ния, нами были уточнены топические особенности анатомических образований на тазовой (безымянной) и бедренной костях – «площадка латеральной головки четырёхглавой мышцы бедра» на большом вертеле бедренной кости; «латеральная шероховатость прямой мышцы бедра» на подвздошной кости.

Выявленные анатомические особенности четырёхглавой мышцы бедра являются эталонными в оценке структурно-функционального состояния костно-мышечного аппарата у овцы, а также в вопросах ветеринарно-санитарной экспертизы при идентификации животного.

#### **ANATOMICAL AND TOPOGRAPHIC FEATURES OF THE QUADRICEPS FEMORAL MUSCLE IN SMALL CATTLE**

**Shirokova E.O.**<sup>1</sup> – Candidate of Biology, Associate Professor of the Faculty. Anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov, (ORCID 0000-0003-4891-5405), **Slesarenko N.A.** \* <sup>1</sup> – Doctor of Biology, Prof. kaf. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov (ORCID 0000-0002-8350-5965), **Oganov E.O.**<sup>1</sup> – Candidate of Veterinary Sciences, Assoc. kaf. anatomy and Histology of Animals named after Professor A.F. Klimov (ORCID 0000-0003-1206-4397) K.I. Scriabin Moscow State Medical University

\* slesarenko2009@yandex.ru

#### **ABSTRACT**

The article presents data on the anatomical structure of the quadriceps femoral muscle in a sheep of the Dagestan breed. The points of fixation and the degree of development of the heads of this muscle have been clarified, additions have been made to their classification by internal structure.

The research was carried out at the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Professor A.F. Klimov of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin. The material for the research was a sectional material - pelvic limbs (n=10), selected from adult sheep of

the Dagestan mountain breed, without external signs of pathologies of the musculoskeletal system. It was found that the rectus head, at its proximal end, forms two tendon legs: the cranial leg is fixed in the slit-shaped "pit of the rectus femoris muscle", and the lateral leg is on the "lateral roughness" above the articular cavity of the ilium. Both legs, combining, enter the muscular abdomen, which allows you to type this muscle as a pinnate. The direction of the bundles of muscle fibers in the places of their fixation, allow us to assert that the lateral and medial heads of the quadriceps femoral muscle, in addition to the extension of the knee joint, also participate in its abduction and adduction, and also perform an optional function of hip flexors. Data on the topical features of anatomical formations on the pelvic (nameless) and femoral bones are presented – "the site of the lateral head of the quadriceps femoral muscle" on the large trochanter of the femur; "lateral roughness of the rectus femoris muscle" on the ilium.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Васильев Н. А., Целютин В. К. Овцеводство. – М.: Колос, 1979. – 384 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).
2. Осипов И. П. Атлас анатомии домашних животных. – Москва, 2009. – 152 с.
3. Попеско П. Атлас топографической анатомии домашних животных. – Т. 1-3. – Братислава, 1978. – 614 с.
4. Слесаренко Н. А. Структурный контроль качества сырья и продуктов животного происхождения: Учебник / Н. А. Слесаренко, Э. О. Оганов, В. В. Степанишин. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 204 с.: ил.
5. Тихонова Е. С. Рост и развитие мускулатуры опорно-двигательного аппарата романовских овец в постнатальный период: Дисс. соискание ... канд. биол. наук. – Москва, 2009 г. – 2001 с.
6. Васильев, Д. В. Мышцы локтевого сустава лисицы породы Бастард / Д. В. Васильев, В. А. Хватов, М. В. Щипакин // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 1. – С. 116-119.



7. Чернявский М. В. Анатомо-топографические основы технологии, ветеринарно-санитарной экспертизы и товароведческой оценки продуктов убоя животных. / Справочник, - М.: типография ОАО «Внешторгиздат», 2002.– 376 с.
8. Ellenberger W., Dittrich H., Baum H. An Atlas of Animal Anatomy for Artists\ 2nd revised ed. – New York: Dover Publications, 1956. – 151 p.
9. Стратонов, А. С. Морфофункциональная характеристика мускулатуры стило- и зейгоподия у свиней породы ландрас в период новорожденности / А. С. Стратонов, М. В. Щипакин // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2016. – № 4. – С. 262-264.
10. Щипакин, М. В. Возрастные закономерности васкуляризации органов тазовой конечности и тазовой полости хоря золотистого: специальность 16.00.02: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Щипакин Михаил Валентинович. – Санкт-Петербург, 2007. – 17 с.
11. Особенности анатомии мышц коленного сустава козы англо-нубийской породы / В. А. Хватов, Д. В. Васильев, Д. С. Былинская, А. С. Стратонов // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 25–29 января 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – С. 108-110.
12. Былинская, Д. С. Мышцы тазовой конечности рыси евразийской / Д. С. Былинская // Иппология и ветеринария. – 2013. – № 1(7). – С. 35-40.
13. Прусаков, А. В. Сравнительная морфология скелета бедра кошки домашней и кролика / А. В. Прусаков, М. В. Щипакин, С. В. Вирунен [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2016. – № 3. – С. 80-83.
2. Osipov I.P. Atlas of the anatomy of domestic animals. Moscow, 2009. :152.
- Popesco P. Atlas of topographic anatomy of domestic animals. Bratislava. 1978:1:614.
- Slesarenko N. A. Structural quality control of raw materials and animal products: Textbook / N. A. Slesarenko, E. O. Oganov, V. V. Stepanishin. St. Petersburg: Lan, 2019:204.
3. Tikhonova E. S. Growth and development of musculature of the musculoskeletal system of Romanov sheep in the postnatal period: Diss. ...application..cand. biol. sciences. – Moscow, 2009:2001.
4. Vasiliev D. V., Khvatov V. A., Shchipakin M. V. Muscles of the elbow joint of the Bastard fox / International Bulletin of Veterinary Medicine.2022:1:116-119. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48452087>
5. Chernyavsky M.V. Anatomical and topographic fundamentals of technology, veterinary and sanitary expertise and commodity evaluation of animal slaughter products. / Handbook. M.: printing house of Vneshtorgizdat OJSC, 2002:376.
6. Ellenberger U., Dietrich H., Baum H. Atlas of Animal Anatomy for Artists\ 2nd revised edition - New York: Dover Publications, 1956:151.
7. Stratonov A. S., Shchipakin M. V. Morphofunctional characteristics of the muscles of the stylo- and zeigopodia in pigs of the Landrace breed during the newborn period / Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2016:4:262-264. (In Russ.) URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27515778>
8. Shchipakin M. V. Age-related patterns of vascularization of pelvic limb organs and pelvic cavity of the golden horus: specialty 16.00.02: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Veterinary Sciences / Shchipakin Mikhail Valentinovich. – St. Petersburg, 2007:17.
9. Khvatov V. A., Vasiliev D. V., Bylinskaya D. S., Stratonov A. S. Features of the anatomy of the muscles of the knee joint of the Anglo-Nubian goat breed / // Materials of the National scientific conference of the teaching staff, researchers and postgraduates

#### REFERENCES

1. Vasiliev N.A., Tselyutin V.K. Sheep breeding. M.: Kolos, 1979:384.

of St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, January 25-29, 2021. St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021:108-110. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44736454>

12. Bylinskaya, D. S. Myshcy tazovoj konechnosti rysi evrazijskoj / D. S. Bylinskaya // Ippologiya i veterinariya. – 2013. –

№ 1(7). – S. 35-40. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19086971>

13. Prusakov, A. V. Sravnitel'naya morfologiya skeleta bedra koshki domashnej i kroljka / A. V. Prusakov, M. V. SHCHipakin, S. V. Virunen [i dr.] // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. – 2016. – № 3. – S. 80-83. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26740166>

УДК: 636.12: 591.471.32

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.281

## УЛЬТРАСОНОГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ТКАНИ СУХОЖИЛИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СГИБАТЕЛЯ ПАЛЬЦА У СПОРТИВНЫХ ЛОШАДЕЙ ПРИ ТЕНДИНОПАТИИ

**Жукова М.В.**<sup>1,2\*</sup> – гл. вет. врач клиники Максима Вет, соискатель кафедры анатомии и гистологии им. проф. А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА им. К.И. Скрябина; **Борхунова Е.Н.**<sup>1</sup> – д. биол. н., профессор каф. анатомии и гистологии животных имени проф. А.Ф. Климова им. К.И. Скрябина (ORCID 0000-0003-2355-8616)

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Россия

<sup>2</sup>ООО Максима Вет, Москва, Россия

\*black717@mail.ru

**Ключевые слова:** сухожилие, лошади, поверхностный сгибатель пальца, сгибательный рукав, тендиниты, тендинопатии, тендовагиниты, гистология, ультрасонография.

**Keywords:** tendon, superficial flexor of the finger, histology, ultrasonography

Поступила: 25.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В течение жизни у большей половины спортивных лошадей регистрируются патологии сухожилия поверхностного сгибателя пальца, в частности тендиниты или тендинопатии. Они имеют разную этиологию, а их развитие связано как с морфологическими особенностями этого сухожилия, так и со спортивной специализацией лошади. Успешное определение ранних, доклинических признаков тендинопатий имеет важное значение для своевременной диагностики патологий и эффективного лечения, направленного на максимальную сохранность спортивных качеств лошади. Однако при клиническом обследовании не всегда возможно выявить наличие патологических изменений в сухожилии без помощи ультрасонографии. При этом особую значимость имеет выявление корреляций между морфологическими и ультрасонографическими признаками, так как это повышает диагностическую и прогностическую ценность ультрасонографического обследования пациента. В связи с этим целью данного исследования стало изучение морфологических и ультрасонографических характеристик сухожилия поверхностного сгибателя пальца (ПСП) в средней, дистальной трети пясти и в области путового сустава в норме и при тендинопатии у спортивных лошадей конкурного и выездкового направлений использования.

В настоящем исследовании использовались методы анатомического препарирования и описания, проводились гистологические исследования по общепринятой методике, а также ультрасонографические исследования спортивных лошадей на аппаратах Миндрей ДС-70.

Выявлены структурные особенности сухожилия поверхностного сгибателя пальца, которые объясняют хронизацию патологического процесса и предрасполагают к неполной регенерации сухожилия, приводя к ухудшению его функциональных характеристик и снижению работоспособности лошади. Полученные данные углубляют представления об этиологии и патогенезе тендинопатии поверхностного сгибателя пальца и позволяют более детально интерпретировать результаты ультрасонографических исследований, проводимых в ходе диагностических мероприятий у спортивных лошадей, а также корректировать схемы лечения.

#### **ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION**

Патологические изменения сухожилия поверхностного сгибателя пальца весьма широко распространены у спортивных лошадей: не менее, чем у половины из них в течение жизни регистрируются тендиниты или тендинопатии [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Тендиниты имеют травматическую природу и возникают, как правило, после травм при субмаксимальной нагрузке на сухожилие. Тендинопатии развиваются длительно в результате накопления микротравм в процессе ежедневной тренировки, а их дебют не всегда связан с предшествующей нагрузкой или травмой. У лошадей, выступающих в разных видах конного спорта, тендиниты и тендинопатии могут протекать с особенностями, в частности, иметь предпочтительную локализацию.

На примере рысистых лошадей ранее было установлено, что сухожилия поверхностного и глубокого сгибателей пальца имеют места наименьшей устойчивости, предрасположенные к повреждению в связи с пониженной васкуляризацией и наличием хрящевых включений, а именно в средней трети пясти и области путового сустава [9, 10, 11]. У лошадей, выступающих в конкуре и выездке, по нашим данным, острое и/или хроническое воспаление, сопровождающееся хромотой, чаще всего локализуется в дистальной трети пясти и области кольцевидной связки путового сустава. В этом анатомическом регионе происходит постепенное накопление микроповреждений, которые усугубляются по мере спортивной эксплуатации лошади, а затем проявляются в виде тендинопатии или тендовагинита с хроническим течением [1, 2, 12, 13, 14]. Кроме того, в патологический процесс могут быть вовлечены зоны сгибательно-

го рукава [6, 15]. Причина этого, на наш взгляд, кроется в сложной регионарной архитектонике сухожилия поверхностного сгибателя пальца, а также в склонности ткани сухожилия к репарации по типу субституции с формированием на месте деструкции рубца. В этой связи выявление ранних, доклинических признаков тендинопатий при помощи ультрасонографии имеет важное значение для своевременной диагностики патологий сухожилий и эффективного лечения, направленного на максимальную сохранность спортивных качеств лошади [1, 2, 3, 8, 16].

Особое значение при этом приобретает выявление корреляций между морфологическими и ультрасонографическими признаками [7, 12, 13, 15] так как это повышает диагностическую и прогностическую ценность ультрасонографического обследования пациента.

**Цель исследования** - изучить морфологические и ультрасонографические характеристики сухожилия поверхностного сгибателя пальца (ПСП) в дистальной трети пясти и в области путового сустава в норме и при тендинопатии у спортивных лошадей конкурного и выездкового направлений использования.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

Исследования проведены на базах клиники Максима Вет и кафедры анатомии и гистологии животных ФГБОУ ВО «МГАВМиБ - МВА им. К.И. Скрябина». Объектом исследования были пациенты клиники Максима Вет в период с 2017 по 2022 год включительно – верховые спортивные лошади конкурного и выездкового направлений использования, в количестве 170 голов, а также секционный материал - изолированные грудные конечности

сти от 25 лошадей верховых пород в возрасте от 3 до 15 лет. В работе использован комплексный методический подход, включающий ультразвукографические, анатомические и гистологические исследования.

При изучении морфологических особенностей сухожилий использовали классический метод анатомического препарирования и описания. Гистологические исследования проводили по классическим методикам [9, 10, 11, 17], продольные и поперечные срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван-Гизон для выявления общей морфологической картины. При изучении морфологических особенностей сухожилий использовали методы анатомического препарирования и описания, а также проводили отбор материала для микроморфологического исследования. Гистологические исследования проводили по общепринятой методике, продольные и поперечные срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван-Гизон для выявления общей морфологической картины.

Ультразвукографические исследования спортивных лошадей проводили на аппарате Миндрей ДС-70 с использованием линейного трансдуктора с частотой 10 мГц и на глубине 4,8 см. Методика сканирования лошадей и оценка ультразвукограмм проводилась по общепринятой схе-

ме, разработанной и описанной в зарубежной и отечественной литературе [1, 2, 8, 16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследования показали, что средняя треть пясти у спортивных лошадей – гиповаскулярный регион, в котором на сухожилие действует максимальная растягивающая нагрузка [9, 10, 11]. Здесь плотность упаковки пучков коллагеновых волокон высокая, очень тонки эндо- и перитенон (рис. 1А), что, очевидно, является адаптивными реакциями. В то же время такие особенности строения могут приводить к компрессии кровеносных сосудов и замедленному восстановлению гомеостаза ткани после значительных биомеханических нагрузок. Кроме того, в этом регионе площадь поперечного сечения сухожилия невелика, что приводит к повышению нагрузки на единицу его площади. Циклические субмаксимальные нагрузки на сухожилие могут приводить к нарушению трофического обеспечения ткани и возникновению участков с дистрофическими изменениями, что чаще имеет субклиническое течение. Такие небольшие очаги деструкции с признаками ремоделирования являются нередкой случайной находкой при изучении аутопсийного материала от лошадей, не имеющих в анамнезе травм и заболеваний сухожилий (рис. 1Б).

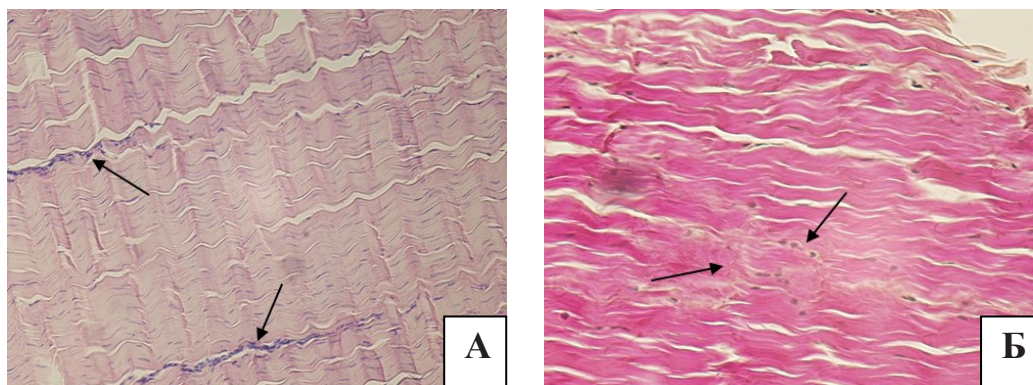


Рис. 1 – Сухожилие поверхностного пальцевого сгибателя. Общий вид.

А - видны пучки коллагеновых волокон I, II и III порядков, среди них видны теноциты, стрелками показан перитенон. Гематоксилин и эозин,  $\times 100$ .

Б - очаг дезорганизации в ткани сухожилия: видны области деструкции пучков коллагеновых волокон и пролифераты фибробластов (стрелки). Ван-Гизон,  $\times 200$ .



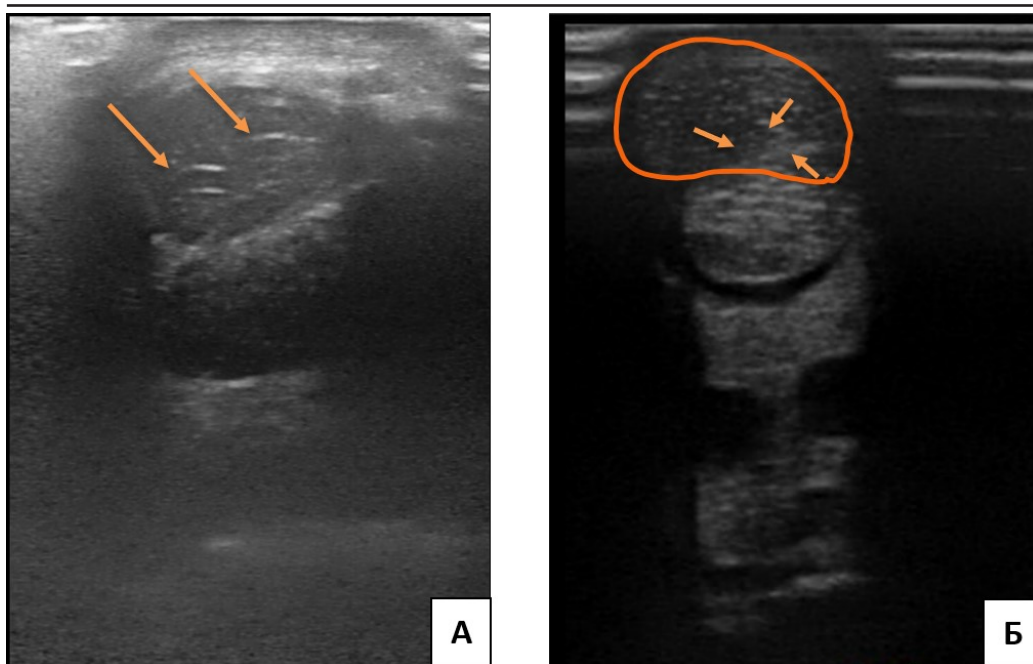


Рисунок 2. Ультрасонографические изображения зоны 2А-2В в поперечном изображении с отклонением датчика от оси сканирования – контрастные эхограммы (А, Б). Зоны утолщенного перитенона в сухожилии поверхностного сгибателя пальца отмечены стрелкой (А). Объемные эхогенные включения – рубцовая ткань в толще сухожилия поверхностного сгибателя пальца, отмечены стрелками (Б). Линейный датчик (частота 10,0 МГц, глубина сканирования 4,8 см).

При клиническом обследовании спортивных лошадей в тренинге в средней трети пясти сложно установить ранние деструктивные изменения сухожилия, в то время как при ультрасонографической диагностике, оценив форму, размерные характеристики и эхоструктуру, можно выявить отклонения на доклинической стадии. Так, в норме поперечный размер сухожилия поверхностного сгибателя пальца в средней и дистальной трети пясти меньше поперечного размера сухожилия глубокого сгибателя пальца. При тендинопатии возникает увеличение площади сухожилия, и, соответственно поперечного размера, усугубляющиеся по мере прогрессирования патологического процесса. Ультрасонографическая оценка эхоструктуры такого сухожилия при стандартном поперечном сканировании может быть недооценена, так как эхо-картина на мониторе часто определяется как нормоэ-

хогенная и эхоплотная. Однако, при использовании эффекта анизотропии, проявляющегося при угловом контрастном сканировании в ткани сухожилия можно выявить дополнительные детали, свидетельствующие о патологическом процессе. Характерными признаками ранних стадий тендинопатии являются гиперэхогенные линейные включения в толще гипозохогенного сухожилия, которые при упорядоченном рисунке соответствуют утолщенному перитенону на месте микроразрывов между пучками волокон. При усугублении патологического процесса гиперэхогенные включения имеют все более консолидированное расположение линий, что отражает участки рубцовых изменений (рис. 2 А, Б).

При гистологическом исследовании образцов сухожилия поверхностного сгибателя пальца при тендинопатии в толще сухожилия наблюдали различные по пло-

щадя очаги дезорганизации ткани. Они гиповаскулярны, с клеточной инфильтрацией и деструкцией пучков коллагеновых волокон, а также с некротическими изменениями фибробластов. В этих очагах

встречаются участки рубцовых изменений сухожилия, что может указывать на перманентное травмирование органа и хроническое течение процесса (рис.3 А, Б).

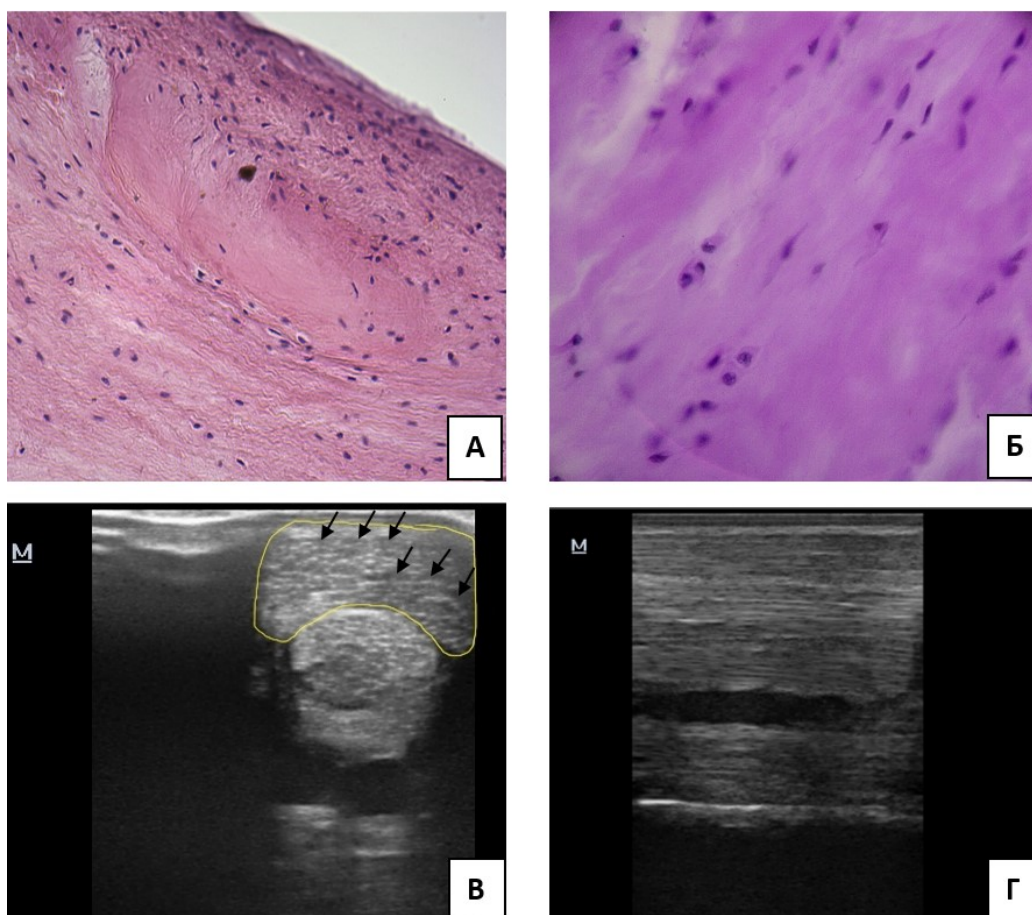


Рисунок 3. Состояние сухожилия поверхностного сгибателя пальца при хронической тендинопатии.

А – очаг дистрофических изменений ткани сухожилия с признаками макрофагальной резорбции. Гематоксилин и эозин, x100.

Б – очаг организации области дистрофических изменений (видны фибробласты). Гематоксилин и эозин, x100.

В – ультразвукографические признаки хронической тендинопатии: площадь поперечного сечения сухожилия ПСП увеличена, структура сухожилия гетерогенна с гипер-, гипо- и анэхогенными зонами (показаны стрелками). Поперечное сечение, линейный датчик (частота 10,0 МГц, глубина сканирования 4,8 см).

Г – линейная плотность сухожилия ПСП нарушена (а) по сравнению с линейной плотностью сухожилия ГСП (б). Продольное сечение, линейный датчик (частота 10,0 МГц, глубина сканирования 4,8 см).

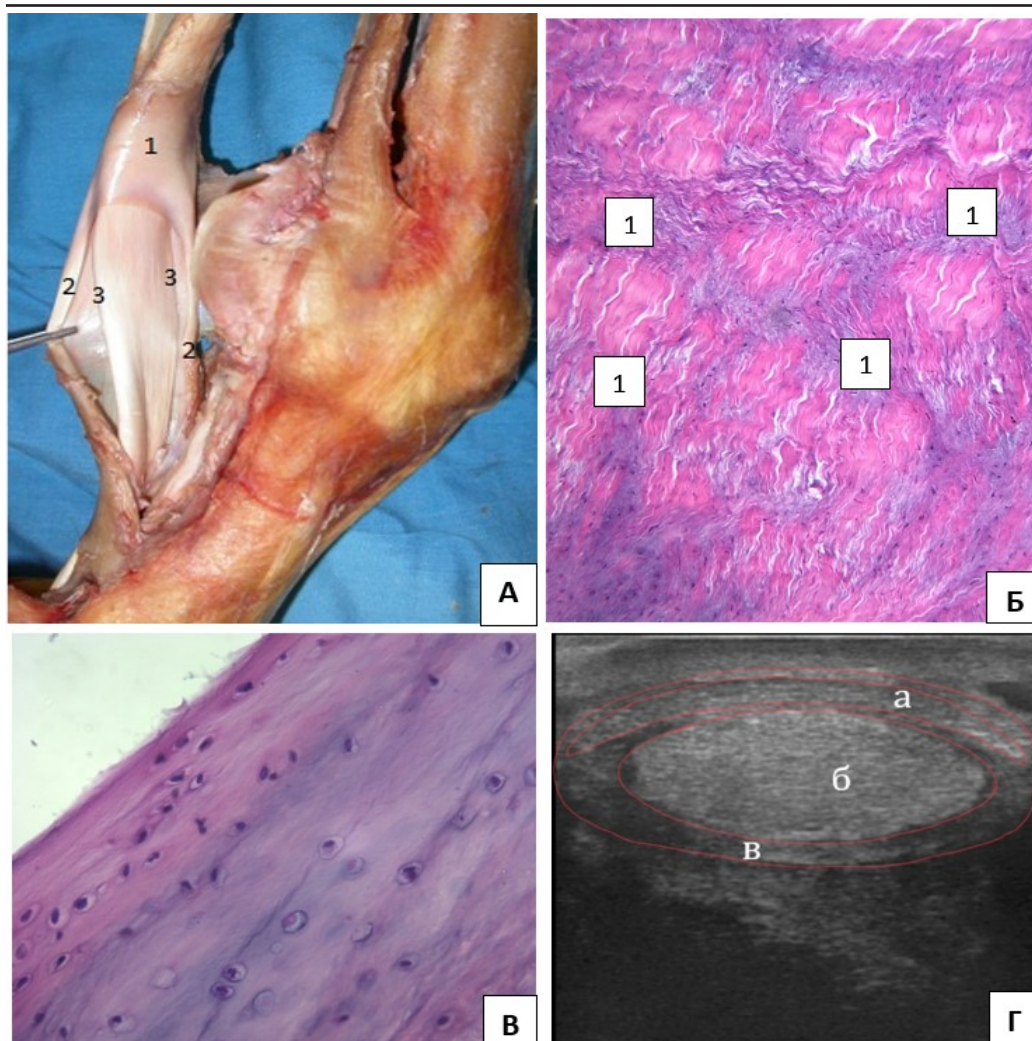


Рисунок 4. Сухожилие поверхностного пальцевого сгибателя лошади: сгибательный рукав, области сухожилия, сформированные волокнистым хрящом.

А – макропрепарат: 1 – сгибательный рукав, 2 – боковые части сухожилия поверхностного и 3 – глубокого сгибателей пальца.

Б – включения фибрознохрящевой ткани в перитенонии (1) в области путового сустава. Гематоксилин и эозин, x100.

В – внутренняя поверхность сгибательного рукава с тангенциально расположенными пучками коллагеновых волокон. Гематоксилин и эозин, x200.

Г – поперечная ультрасонограмма сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей пальца в области сгибательного рукава у клинически здоровой лошади (ультразвуковая зона 3 В). Площадь поперечного сечения сухожилий поверхностного (а) и глубокого (б) сгибателей соответствует норме для лошади данного размера. Эхогенность и плотность эхоструктуры сухожилия соответствуют норме. Сгибательный рукав (в). Угловое «контрастное» сканирование (линейный датчик с частотой 10,0 МГц, глубина сканирования 4,8 см).



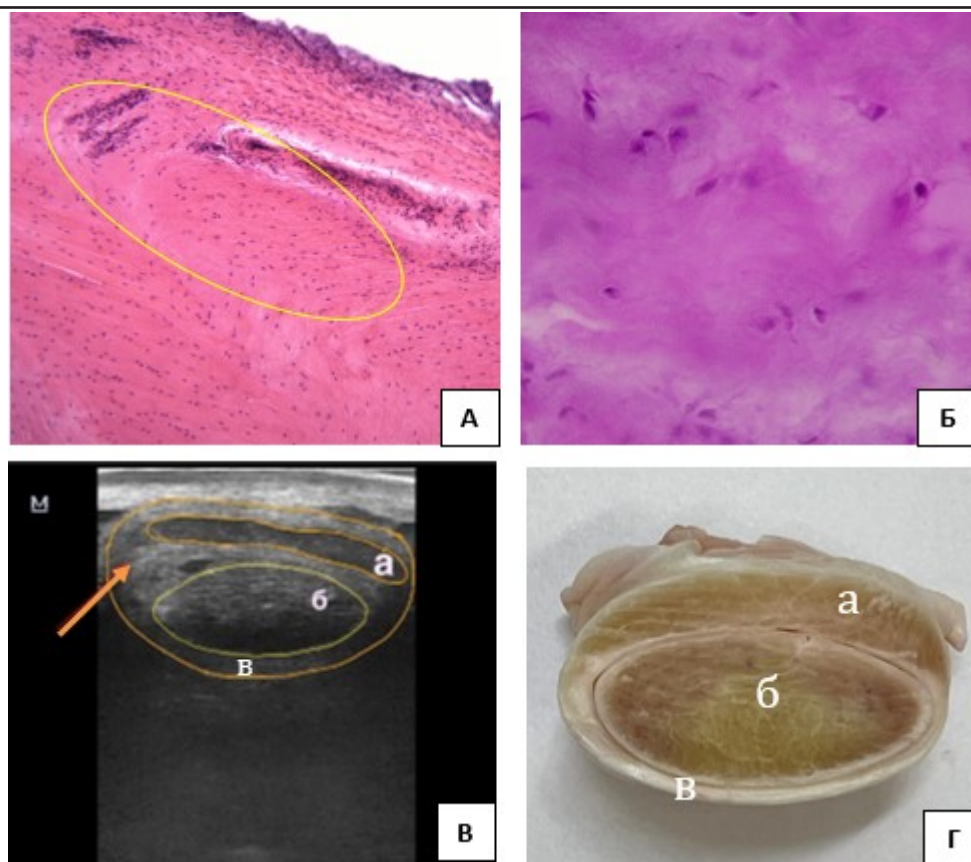


Рисунок 5. Состояние сухожилий ПСП, ГСП и сгибательного рукава при хроническом тендовагините с травмой латеральной части сгибательного рукава.

А – очаг фибриноидного набухания (обведен) с перифокальным воспалением. Гематоксилин и эозин,  $\times 100$ .

Б – фибриноидное набухание и некроз фибрознохрящевой ткани. Гематоксилин и эозин,  $\times 400$ .

В – на поперечной ультрасонограмме дистальной трети пясти визуализируется изменение расположения, размера и формы сухожилия поверхностного сгибателя пальца (а), увеличение сухожилия глубокого сгибателя пальца (б), а также утолщение и адгезия (стрелка) латеральной части сгибательного рукава с сухожилиями поверхностного и глубокого пальцевого сгибателя (в). Контрастное сканирование, линейный датчик, ультразвуковая зона 3 В (частота 10,0 МГц, глубина сканирования 4,8 см).

Г – сухожилия поверхностного (а) и глубокого (б) сгибателей пальца лошади в области сгибательного рукава (в). Макропрепарат.

У лошадей с выраженной хронической формой тендинопатии сухожилия ПСП при осмотре выявляют характерное увеличение объема конечности по пальмарной поверхности пясти и в области путового сустава. Ультрасонографическим

методом в поперечном изображении на фоне увеличения площади поперечного сечения и изменения формы ПСП можно выявить в толще сухожилия гипер-, гипо- и анэхогенные зоны различного размера и локализации, что формирует гетероген-

ный, «пестрый» рисунок сухожилия и соответствует участкам деструкции пучков коллагеновых волокон (рис. 3 В). При угловом контрастном сканировании можно выявить дезорганизованные скопления экзогенных тяжей, а также гиперэхогенные включения (рис. 2 Б). Продольные сонограммы характеризуются участками с плохо определяемой линейной исчерченностью и неплотной упаковкой пучков (рис. 3 Г).

Еще одна структурная особенность сухожилия поверхностного сгибателя пальца в дистальном отделе конечности – наличие фибрознохрящевой ткани (рис. 4 А).

В области путового сустава она в большом количестве расположена в перитеноне (рис. 4 Б), что может явиться структурной адаптацией к компрессионной нагрузке в этой области. Вместе с тем, очевидно, что за счет фибрознохрящевых включений сухожилие становится гиповаскулярным. Это может создавать фон для неполной регенерации ткани при повреждении, и приводит к снижению устойчивости к компрессионным нагрузкам, и создает условия для повторного травмирования.

Яркой анатомической особенностью в дистальной трети пясти является сгибательный рукав, отходящий от сухожилия поверхностного сгибателя пальца и кольцевидно охватывающий сухожилие глубокого сгибателя (рис. 4 А). Он сформирован фибрознохрящевой тканью (рис. 4 В) и способствует стабилизации положения сухожилий относительно биомеханической оси конечности. Кроме того, тесная связь поверхностного сгибателя пальца с сухожилием глубокого сгибателя в дистальной трети пясти посредством паратенона свидетельствует о возможности развития паратенонита и сочетанного повреждения сухожилий обоих сгибателей.

При хронических тендинопатиях в ткани сгибательного рукава возникают обширные области дистрофических изменений (рис. 5). Наряду с этим можно видеть признаки репарации в виде пролифе-

ратов хрящевых клеток. Очевидно, что при вовлечении в воспалительный процесс структурных элементов сухожилия, сформированных волокнистым хрящом, процесс восстановления осложняется из-за аваскулярности и низкого репаративного потенциала хрящевой ткани. Длительное сохранение очагов дистрофических изменений способствует переходу процесса в хроническое течение и замыканию его в «порочный круг», а сухожилие при этом становится функционально неполноценным.

При клиническом осмотре лошадей с описанными повреждениями сухожилий регистрируются характерные признаки тендовагинита с увеличением объема конечности в дистальной трети пясти. Ультрасонографическая картина при этом позволяет выявить признаки частичного разрыва и адгезии поперечной складки сгибательного рукава с латеральной или медиальной поверхности с подлежащими сухожилиями ПСП и ГСП (рис. 5).

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, полученные данные позволили выявить корреляции между морфологической и ультрасонографической картинами и показать, что визуализируемые при тендинопатиях участки снижения эхоплотности и гиперэхогенные включения отражают различные стадии дистрофических процессов в сухожилии. Важно отметить, что в области путового сустава к возникновению очагов дистрофии и некроза предрасполагает гиповаскулярность, связанная с наличием обширных включений хрящевой ткани. Выявленные структурные особенности сухожилия поверхностного сгибателя пальца предрасполагают к неполной регенерации и объясняют хронизацию патологического процесса гиповаскулярностью, склонностью сухожилия к восстановлению по типу реституции из-за невысокого репаративного потенциала, в частности, фибрознохрящевой ткани. При репарации, очевидно, нарушается сложная гистоархитектоника сухожилия в области путового сустава, что приводит к нарушению функциональных характери-



стик сухожилия и снижению работоспособности лошади.

Полученные данные углубляют представления об этиологии и патогенезе тендинопатии поверхностного сгибателя пальца и позволяют более детально интерпретировать результаты ультразвукографических исследований, проводимых в ходе диагностических мероприятий у спортивных лошадей.

#### ULTRASONOGRAPHIC VISUALIZATION OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE TENDON TISSUE OF THE SUPERFICIAL FLEXOR OF THE FINGER IN SPORTS HORSES WITH TENDINOPATHY

**Zhukova M.V.** <sup>1,2\*</sup> – ch. vet. Maxim Vet Clinic doctor, candidate of the Department of Anatomy and Histology named after prof. A.F. Klimov, K.I. Scriabin Moscow State Medical University; **Borkhunova E.N.** <sup>1</sup> – Doctor of Biology, Professor of the Faculty. anatomy and histology of animals named after Prof. A.F. Klimov named after K.I. Scriabin (ORCID 0000-0003-2355-8616)

<sup>1</sup>FGBOU V MGAVMiB – MBA named after K.I. Scriabin, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Maxima Vet LLC, Moscow, Russia

\*black717@mail.ru

#### ABSTRACT

At least one half of population of sport horses during life suffer from superficial digital flexor tendon (SDFT) pathologies, particularly tendinitis and tendinopathies. Etiology of these injuries differs, and their evolution depends on some morphological peculiarities and type of equestrian sport. Success in early detection of preclinical signs of tendinopathy plays a key role in diagnostics and effective treatment in order to preserve athletic potential of a horse. Although in terms of clinical assessment it is not always possible to detect these early pathological changes in tendon tissue without ultrasonography. In this situation elicitation of correlation between morphological and ultrasonic signs seems to be of great importance, because it adds diagnostic and

prognostic value of an ultrasound assessment of a patient. Taking into account all mentioned above the aim this study is investigating morphological and ultrasound characteristics of SDFT in middle and distal parts at the cannon and in the area of fetlock joint in normal horses and dressage and show jumping horses with tendinitispathy. In the present study, methods of anatomical preparation and description were used, histological studies were carried out according to the generally accepted methodology, as well as ultrasonographic studies of sports horses using Mindray DC-70 device. Structural features of the SDF tendon were revealed, which explain the chronicity of the pathological process and predispose to incomplete regeneration of the tendon, leading to a deterioration in its functional characteristics and a decrease in the horse's performance. The data obtained deepen the understanding of the etiology and pathogenesis of tendinopathy of the SDFT and allow more detailed interpretation of data obtained by ultrasonographic studies carried out during diagnostic procedures in sport horses, as well as adjusting treatment regimens.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жукова, М.В. Влияние современных методов диагностики и лечения на восстановление сухожильно-связочных структур конечности лошади. Коневодство и конный спорт. - №1. - 2009. - С. 20-22
2. Ковач, М. Ортопедические заболевания лошадей. Современные методы диагностики и лечения / М. Ковач.// -М.: ООО «Королевский издательский дом». - 2013. - 624 с.
3. Коноплёв, В.А. Комплексная диагностика тендинитов у лошадей. /Коноплёв В.А., Ковалёв С. П. // Коневодство и конный спорт. – 2020. - №2. - С. 34-35.
4. Семёнов, Б. С. Тендинит поверхностного сгибателя пальца у лошадей: проблемы возникновения, лечения и реабилитации. / Семёнов Б. С., Рыбин Е. В., Гусева В. А., Кузнецова Т. Ш. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2018. - №2. - С. 77-81.

5. Dowling, BA. Mechanical and functional properties of the equine superficial digital flexor tendon. / Dowling BA, Dart AJ. // *Vet J.* 2005 Sep;170(2):184-92. doi: 10.1016/j.tvjl.2004.03.021. PMID: 16129339.
6. Findley, JA. An anatomical and histological study of the equine proximal manica flexoria. / Findley JA, Ricci EE, Singer EE. // *Vet Comp OrthopTraumatol.* 2017 Mar 20;30(2):91-98. doi: 10.3415/VCOT-16-01-0016. Epub 2017 Jan 27. PMID: 28127617.
7. Verkade, ME. Equine digital tendons show breed-specific differences in their mechanical properties that may relate to athletic ability and predisposition to injury. / Verkade ME, Back W, Birch HL. // *Equine Vet J.* 2020 Mar;52(2):320-325. doi: 10.1111/evj.13169. Epub 2019 Sep 23. PMID: 31442314.
8. Denoix, J.M. L'examen echographique des tendons chez le cheval. Bilan de l'annee 1989 / Denoix J.M., Azevedo C., Perrot P. // *P.V.E.* 1990. №3. P. 73-78.
9. Борхунова, Е.Н. Морфофункциональные особенности сухожилий и костно-сухожильных соединений пальца грудной конечности у рысистых лошадей. Дисс. ... канд. биол. наук. М: МГАВМиБ им. К. И. Скрябина. - 2000. - 225 с.
10. Слесаренко, Н. А. Морфофункциональные характеристики сухожилий и костно-сухожильных соединений пальца у рысистых лошадей. / Слесаренко Н. А., Борхунова Е. Н., Алекперова В. Г. // СПб. - 2005. - 96с.
11. Слесаренко, Н.А. Морфологическая и биомеханическая характеристика зон наименьшей устойчивости сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей пальца кисти у спортивных лошадей. / Слесаренко Н.А., Борхунова Е.Н., Ипполитова Т.В., Ковач М. // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* - 2019. - № 6. - С. 62-80.
12. Spiesz, EM. Structure and collagen crimp patterns of functionally distinct equine tendons, revealed by quantitative polarised light microscopy (qPLM). / Spiesz EM, Thorpe CT, Thurner PJ, Screen HRC. // *Acta Biomater.* 2018 Apr 1;70:281-292. doi:10.1016/j.actbio.2018.01.034. Epub 2018 Feb 2. PMID: 29409868; PMCID:PMC5894809.
13. Ali, OJ. Variations during ageing in the three-dimensional anatomical arrangement of fascicles within the equine superficial digital flexor tendon. / Ali OJ, Comerford EJ, Clegg PD, Canty-Laird EG // *Eur Cell Mater.* - 2018 Feb 13; 35:87-102. doi:10.22203/eCM.v035a07. PMID: 29437201.
14. Dakin, SG. Resolving an inflammatory concept: the importance of inflammation and resolution in tendinopathy. / Dakin SG, Dudhia J, Smith RK. // *Vet Immunol Immunopathol.* 2014 Apr 15;158(3-4):121-7. doi: 10.1016/j.vetimm.2014.01.007. Epub 2014 Jan 31. PMID: 24556326; PMCID: PMC3991845.
15. Daniel, AJ. Enhanced ultrasonographic imaging of the equine distal limb using saline injection of the digital flexor tendon sheath: A cadaver study. / Daniel AJ, Leise BS, Selberg KT, Barrett MF. // *Vet J.* - 2019 May; 247: 26-31. doi: 10.1016/j.tvjl.2019.02.007. Epub 2019 Feb 23. PMID: 30971347.
16. Denoix, J.M. Apport des techniques recentes dans le diagnostic des affections locomotrices chez le cheval // *Le Point Veterinaire.* 1993. Vol. 155. P. 211-215.
17. Микроскопическая техника: Руководство для врачей и лаборантов / Под ред. Д.С. Саркисова и Ю.Л. Петрова. - М.: Медицина, 1996. - 544 с.

## REFERENCES

1. Zhukova, M.V. Influence of modern methods of diagnostics and treatment on the restoration of tendon-ligamentous structures of the horse's limb. Horse breeding and equestrian sport. - No. 1. - 2009. - P. 20-22 (In Russ.)
2. Kovacs, M. Orthopedic diseases of horses. Modern methods of diagnosis and treatment / M. Kovach. // -M.: Royal Publishing House LLC. - 2013. - 624 p. (In Russ.)
3. Konoplyov, V.A. Comprehensive diagnosis of tendonitis in horses. / Konoplev V.A., Kovalev S.P. // *Horse breeding and equestrian sport.* - 2020. - No. 2. - P. 34-35. (In Russ.)

4. Semyonov, B.S. Superficial finger flexor tendonitis in horses: problems of occurrence, treatment and rehabilitation. / Semyonov B. S., Rybin E. V., Guseva V. A., Kuznetsova T. Sh. // Issues of legal regulation in veterinary medicine. - 2018. - No. 2. - P. 77-81. (In Russ.)
5. Dowling, BA. Mechanical and functional properties of the equine superficial digital flexor tendon. / Dowling BA, Dart AJ. // Vet J. 2005 Sep;170(2):184-92. doi: 10.1016/j.tvjl.2004.03.021. PMID: 16129339.
6. Findley, JA. An anatomical and histological study of the equine proximal manica flexoria. / Findley JA, Ricci EE, Singer EE. // Vet Comp OrthopTraumatol. 2017 Mar 20;30(2):91-98. doi: 10.3415/VCOT-16-01-0016. Epub 2017 Jan 27. PMID: 28127617.
7. Verkade, M.E. Equine digital tendons show breed-specific differences in their mechanical properties that may relate to athletic ability and predisposition to injury. / Verkade ME, Back W, Birch HL. // Equine Vet J. 2020 Mar;52(2):320-325. doi: 10.1111/evj.13169. Epub 2019 Sep 23. PMID: 31442314.
8. Denoix, J.M. L'examen échographique des tendons chez le cheval. Bilan de l'année 1989 / Denoix J.M., Azevedo C., Perrot P. // P.V.E.1990. № 3. P. 73-78.
9. Borkhunova, E.N. Morphofunctional features of tendons and bone-tendon joints of the finger of the pectoral limb in trotting horses. Diss. ... cand. biol. Sciences. M: MGAVMiB im. K. I. Scriabin. - 2000. - 225 p.
10. Slesarenko, N. A. Morphofunctional characteristics of tendons and bone-tendon joints of the finger in trotting horses. / Slesarenko N. A., Borkhunova E. N., Alekperova V. G. // SPb. - 2005.-96p. (In Russ.)
11. Slesarenko, N.A. Morphological and biomechanical characteristics of the zones of the least stability of the tendons of the superficial and deep finger flexors in sports horses. / Slesarenko N.A., Borkhunova E.N., Ippolitova T.V., Kovach M. // Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. - 2019. - No. 6. - S. 62-80.
12. Spiesz, E.M. Structure and collagen crimp patterns of functionally distinct equine tendons, revealed by quantitative polarized light microscopy (qPLM). / Spiesz EM, Thorpe CT, Thurner PJ, Screen HRC. // Acta Biomater. 2018 Apr 1;70:281-292. doi:10.1016/j.actbio.2018.01.034. Epub 2018 Feb 2. PMID: 29409868; PMCID:PMC5894809.
13. Ali, OJ. Variations during aging in the three-dimensional anatomical arrangement of fascicles within the equine superficial digital flexor tendon. / Ali OJ, Comerford EJ, Clegg PD, Canty-Laird EG // Eur Cell Mater. - 2018 Feb 13; 35:87-102. doi:10.22203/eCM.v035a07. PMID: 29437201.
14. Dakin, S.G. Resolving an inflammatory concept: the importance of inflammation and resolution in tendinopathy. / Dakin SG, Dudhia J, Smith RK. // Vet Immunol Immunopathol. 2014 Apr 15;158(3-4):121-7. doi: 10.1016/j.vetimm.2014.01.007. Epub 2014 Jan 31. PMID: 24556326; PMCID: PMC3991845.
15. Daniel, AJ. Enhanced ultrasonographic imaging of the equine distal limb using saline injection of the digital flexor tendon sheath: A cadaver study. / Daniel AJ, Leise BS, Selberg KT, Barrett MF. // Vet J. - May 2019; 247:26-31. doi: 10.1016/j.tvjl.2019.02.007. Epub 2019 Feb 23. PMID: 30971347.
16. Denoix, J.M. Apport des techniques récentes dans le diagnostic des affections locomotrices chez le cheval // Le Point Vétérinaire. 1993 Vol. 155. P. 211-215.
17. Microscopic technique: A guide for physicians and laboratory assistants / Under the editorship of D.S. Sarkisov and Yu.L. Petrov. - M.: Medicine, 1996.-544 p.

УДК: 611.126:636.981

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.292

## ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ЭНДОКАРДИАЛЬНЫХ СТРУКТУР ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА СИБИРСКОЙ КОСУЛИ

Тарасевич В.Н. – к.вет.н., доц. каф. специальных ветеринарных дисциплин (ORCID 0000-0001-8736-9895).

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского».

\*tarasevich7239@mail.ru

**Ключевые слова:** сибирская косуля, правый желудочек сердца, большая сосочковая мышца, малая сосочковая мышца, трехстворчатый клапан, сердечный индекс.

**Keywords:** siberian roe deer, right ventricle of the heart, large papillary muscle, small papillary muscle, tricuspid valve, cardiac index.

Поступила: 14.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Гемодинамика крови через сердце осуществляется в одном направлении, где диастола сердца сменяется на систолу, и способствует продвижению крови по кругам кровообращения. Важную роль при этом выполняют не только клапаны сердца, которые сдерживают продвижение крови в предсердия (створчатые) и в желудочки (клапан аорты и легочной артерии), но и миоэндокардиальные образования и органы респираторной моторики. В доступной литературе определены видовые особенности сердца у разных видов животных, однако, описаний анатомии эндокардиальных образований правого желудочка сердца у самцов сибирской косули не обнаружено. Для оценки морфометрических структур использовали сердца от 18-месячных самцов сибирской косули ( $n=3$ ), добытых на территории охотничьих угодий Иркутской области. Сердце имеет эллипсоидную форму, где правый желудочек располагается выше уровня округлой верхушки левого желудочка. Его внутренняя структура характеризуется выраженной трабекуляцией, где со стороны свободной стенки определены две перекидные трабекулы, которые препятствуют перерастяжению фиброзного кольца. Среди рельефности правого желудочка сердца сибирской косули выделяется четыре сосочковых мышцы – большая, малая, подартериальная и добавочная, с определенными морфологическими формами и показателями. К створкам клапана мышцы отдают до 24-27 сухожильных струн. Септомаргинальная трабекула соединяет основание большой сосочковой мышцы и межжелудочковую перегородку, а три-четыре сухожильных тяжа между перегородкой и стенкой желудочка. Наибольшее значение высоты створки трехстворчатого клапана отмечено у пристеночной, а ширины закрепления и толщины у перегородочной створки. Отмечено наличие двух-трех промежуточных створок, которые отличаются меньшими размерами (высотой –  $9,5 \pm 0,71$ ; шириной –  $10,2 \pm 0,21$  и толщиной –  $0,19 \pm 0,01$  мм).

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Сердце – мышечный орган, перегородкой разделенный на две половины (правую и левую), каждая из которых имеет предсердие и желудочек. Гемодинамика крови через орган осуществляется в одном направлении, где диастола сердца сменяется на систолу, и способствует продвижению крови по кругам кровообращения (малому и большому) [1]. Важную роль при этом выполняют клапаны сердца, одни из них сдерживают продвижение крови в предсердия (створчатые), другие располагаются на пути обратного тока в желудочки (клапан аорты и легочной артерии) [2]. Определена и роль миоэндокардиальных образований сердца [3], участие органов респираторной моторики и всего организма животного по обеспечению гемодинамики в сосудистом русле [4-6].

С усилением нагрузки на организм живого объекта, происходит и опосредованное влияние на работающий орган, что сопровождается морфологической перестройкой структур, в частности и со стороны сердца. Для каждого вида животных определены свои видовые особенности, которые отражены в работах: Жилина Р.А., Коротковой И.П. (2015) [7]; Жилина Р.А. (2020) [8]; Tarasevich V.N. (2021) [9]; Хватова В.А., Щипакина М.В. (2021) [10]; Зеленецкого Н.В., Щипакина М.В., Былинской Д.С. [и др.] (2022) [11]; Былинской Д.С., Зеленецкого Н.В., Васильева Д.В. (2022) [12]. Однако, описаний анатомии эндокардиальных образований правого желудочка сердца у самцов сибирской косули не обнаружено, что и было определено для цели проводимых исследований.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Для оценки морфометрических структур правого желудочка использовали сердца от 18-месячных самцов сибирской косули (n=3), добытых на территории охотничьих угодий Иркутской области. Для оценки морфометрических структур использовали доступ через межжелудочковую перегородку, с целью лучшей ви-

зуализации объектов исследования, их фотографирования, анализа полученных результатов. В своей работе опирались на специальный инструментарий и методику позволяющую создать удобным проводимое исследование [13, 14]. Возраст исследуемых животных определяли исходя из данных методики Г.А. Клевезаля и С. Е. Клейненберга (1967) [15].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Сердце сибирской косули у исследованных животных, при отношении ширины к длине имеет эллипсоидную форму, где сердечный индекс составил 74%. При этом, шаровидную форму сердца можно встретить у водяного оленя и байкальской нерпы [8, 16], эллипсоидную – у коати [17], конусовидную и расширенно конусовидную у европейской косули [18].

Правый желудочек сердца по внешним границам отграничен от левого паракональной и субсинусозной бороздами, паракональная из которых теряется в границах правого желудочка и располагается выше уровня выраженной и округлой верхушки левого желудочка (рис. 1).

Внутренняя структура правого желудочка отличается выраженной трабекуляцией, где трабекулы распространяются, от уровня субсинусозной борозды и донной части желудочка, в направлении правого атриовентрикулярного отверстия, а также вдоль паракональной борозды – к легочному стволу. При оценке направленности трабекул правого желудочка по направлению к легочной артерии, можно предположить, что при создании градиента давления ток крови увлекается по направлению трабекул, с вовлечением изнутри створок клапана (пристеночной, перегородочной и угловой) и проходит за сосочковыми мышцами (большой и малой, подартериальной) и их сухожильными хордами.

Направленному воздействию потока крови на створки клапана способствуют и отдельные трабекулы, которые на уровне формирования фиброзного кольца вовлекают поток крови, которые воздействуют на створки от периферии к центру, что



способствует захлопыванию клапана. Среди них, следует отметить перекидные трабекулы, которые располагаются в области основания сердца боковой части желудочка, от перемычек миокарда и к основанию фиброзного кольца. Обе перекидные трабекулы предотвращают перерастяжение фиброзного кольца клапана во время систолы правого желудочка. Длина трабекул на уровне  $13,7 \pm 0,33$  мм, значение ширины  $3,2 \pm 0,11$  и толщины –  $0,95 \pm 0,03$  мм (рис. 2).

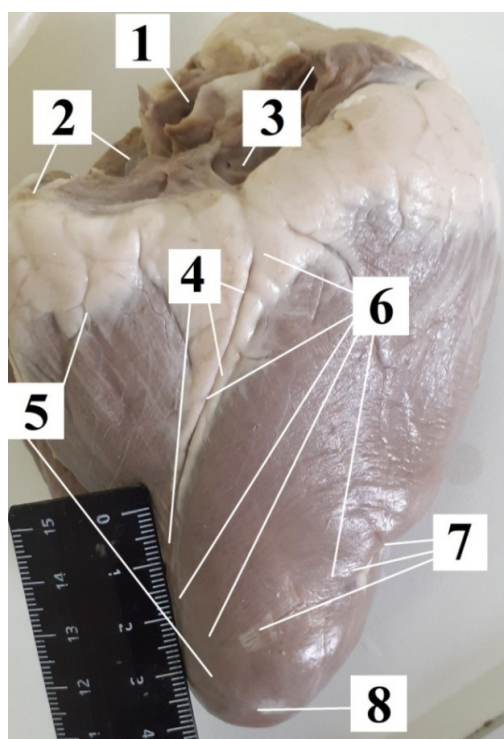


Рис. 1 – Каудо-латеральная поверхность сердца самца сибирской косули, возраст 1,5 года: 1 – область проекционного расположения клапана аорты; 2 – проекционное расположение двухстворчатого клапана; 3 – проекционное расположение трехстворчатого клапана; 4 – субсинусная борозда; 5 – левый желудочек сердца; 6 – граница расположения правого желудочка сердца; 7 – паракональная борозда; 8 – верхушка сердца.

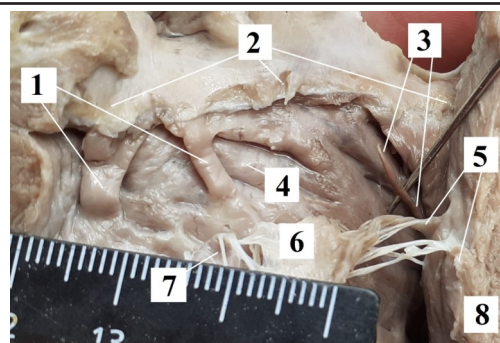


Рис. 2 – Трабекуляция основания стенки правого желудочка сибирской косули, ♂ возраста 18-ти месяцев: 1 – перекидные трабекулы; 2 – область фиброзного кольца правого желудочка; 3 – добавочная сосочковая мышца; 4 – перемычки; 5 – малая сосочковая мышца; 6 – пристеночная створка клапана; 7 – большая сосочковая мышца; 8 – межжелудочковая перегородка.

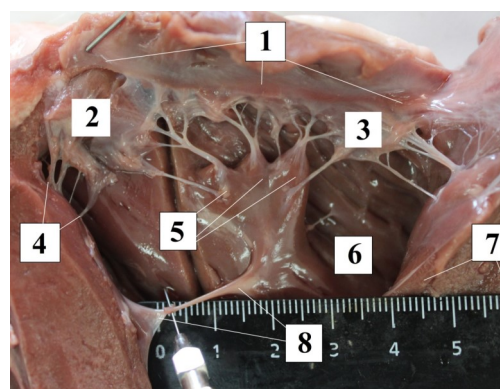


Рис. 3 – Эндокардиальные структуры правого желудочка сердца, ♂ 18 месяцев: 1 – область фиброзного кольца левого атриовентрикулярного отверстия; 2 – угловая створка клапана; 3 – пристеночная створка клапана; 4 – подартериальная сосочковая мышца и ее сухожильные струны; 5 – большая сосочковая мышца; 6 – трабекуляция правого желудочка; 7 – межжелудочковая перегородка; 8 – правая септомаргинальная трабекула.

Ближе к клапану легочного ствола, на уровне и вблизи перегородки, поверхность миокарда сглажена, что формирует сосудистый конус правого желудочка. Согласно данным проведенного исследования, в области клапана легочного ствола у сибирской косули имеются хорошо выраженная донная часть кармашков [2], что совместно со сглаженной поверхностью миокарда сосудистого конуса, морфологически позволяет всю порцию крови выталкивать в направлении легочного ствола.

Среди всей рельефности правого желудочка сердца сибирской косули выделяется четыре сосочковых мышцы: большая, подартериальная, малая и добавочная (рис. 2). У евразийской рыси сосочковых мышц – три [11], у носухи выделяют их шесть [17], у амурского тигра их в пределах семи-деяти [7].

Большая сосочковая мышца возникает из рельефности правого желудочка, его стенки, и разветвляется на три головки. Ширина ее у основания  $16,9 \pm 0,74$  мм, значение высоты увеличивается в каудальном направлении и колеблется от  $4,5 \pm 0,12$  до  $16,1 \pm 0,31$  мм. Морфологически можно отметить, что наибольшая длина сосочковой мышцы отмечена со стороны вовлеченности ее структур в кровотоки. От всей поверхности в направлении створок отходит до 10-ти сухожильных струн.

Между основанием сосочковой мышцы и межжелудочковой перегородкой (чуть ниже области формирования подартериальной сосочковой мышцы) проходит сухожильно-мышечный тяж – правая септомаргинальная трабекула. Ее длина в данном возрасте составила  $24,3 \pm 1,21$  мм, ширина  $1,2 \pm 0,05$  и толщина  $0,52 \pm 0,02$  мм. Среди стенок миокарда правого желудочка также можно отметить наличие более тонких сухожильных нитей, одна из них располагается между основанием каудальной части большой сосочковой мышцы и медиальной поверхности стенки миокарда, а три другие, встречаются ближе к донной части желудочка – от межжелудочковой перегородки к стенке

правого желудочка. Имеют незначительные размеры, длина от  $10,2 \pm 0,67$  до  $16 \pm 0,87$  мм, шириной –  $0,34 \pm 0,02$  мм и толщиной –  $0,13 \pm 0,01$  мм. Правая септомаргинальная трабекула располагается между основанием большой сосочковой и, пристеночной ножкой добавочной сосочковой мышцы – у носухи [2], подартериальной сосочковой мышцей – у козы [11].

В области артериального конуса на уровне перегородки из относительно ровной поверхности миокарда выделяется подартериальная мышца. Формируется сосочковая мышца из структуры миокарда двумя-тремя относительно плоскими головками, и имеет незначительные размеры (шириной  $6,9 \pm 0,51$  и высотой  $2,1 \pm 0,11$  мм). От ее верхушки формируется до 7-8 сухожильных струн.

Малая сосочковая мышца располагается на межжелудочковой перегородке в каудальном углу правого желудочка. Она имеет две головки, разделенные между собой мышечной перекладиной, значение ширины находится на уровне  $11,1 \pm 0,13$  мм, высоты –  $9,8 \pm 0,05$  и толщины  $4,61 \pm 0,03$  мм. От ее уровня отделяется в пределах 6-8 сухожильных струн, до основания и верхушкам пристеночной и перегородочной створок клапана. Следует отметить также, что сухожильные струны, которые закрепляются к верхушке каждой створки, на сосочковых мышцах имеют краевое положение, меньшую толщину и располагаются ниже уровня верхушек мышц.

Добавочная сосочковая мышца располагается со стороны каудальной угла правого желудочка, и прикрепляется к основанию пристеночной створки клапана. Имеет тонкое мышечное брюшко, длина которого находится на уровне  $12,4 \pm 0,33$ , а толщина –  $0,73 \pm 0,03$  мм.

Правый атриовентрикулярный клапан лежит в основе соответствующего фиброзного кольца, значение окружности отверстия определено на уровне  $97,8 \pm 3,24$  мм, со стороны предсердия визуализируется его серповидная форма. Образован клапан тремя основными

створками (перегородочная, пристеночная и угловая), и двумя-тремя промежуточными створками (рис. 4).

Перегородочная створка отходит от фиброзного кольца на уровне межжелу-

дочковой перегородки, где значение ширины закрепления составило  $26,2 \pm 0,48$  мм, высоты  $15,2 \pm 0,31$  и толщины  $0,28 \pm 0,02$  мм (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрические показатели створок правого атриовентрикулярного клапана, ( $M \pm m$ )

| Створки клапана | Основные промеры створок клапана |                        |                 |
|-----------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|
|                 | Высота, мм                       | Ширина закрепления, мм | Толщина, мм     |
| Перегородочная  | $15,2 \pm 0,31$                  | $26,2 \pm 0,48$        | $0,28 \pm 0,02$ |
| Пристеночная    | $18,5 \pm 0,44$                  | $21,3 \pm 0,24$        | $0,19 \pm 0,01$ |
| Угловая         | $17,7 \pm 0,17$                  | $16,1 \pm 0,51$        | $0,23 \pm 0,02$ |
| Промежуточные   | $9,5 \pm 0,71$                   | $10,2 \pm 0,21$        | $0,19 \pm 0,01$ |

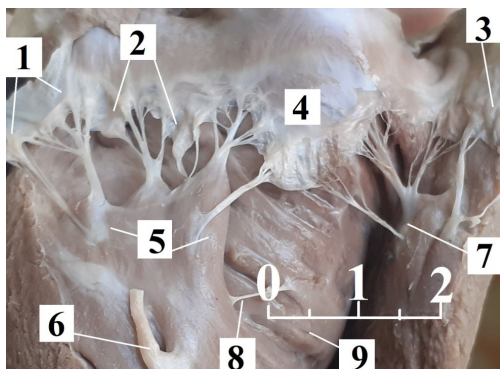


Рис. 4 – Правый атриовентрикулярный клапан сердца сибирской косули, ♂ 18 месяцев: 1 – угловая створка клапана; 2 – промежуточные створки стенки правого желудочка; 3 – перегородочная створка клапана; 4 – пристеночная створка трехстворчатого клапана; 5 – большая сосочковая мышца; 6 – правая септомаргинальная трабекула; 7 – малая сосочковая мышца; 8 – сухожильная перекладина; 9 – мясистые трабекулы.

Пристеночная створка расположилась в области фиброзного кольца на уровне стенки желудочка, значение ее высоты в 1,2 раза превосходит данный показатель у перегородочной створки, однако уступает по ширине закрепления (в 1,2) и ее толщине (в 1,5 раза). На уровне стенки желудочка можно встретить от двух до трех промежуточных створок, одна на уровне перехода к перегородочной, а другие к угловой. В 66,7% было отмечено до трех промежуточных створок. У овец эдильбаевской породы пристеночная створка получила наибольшее развитие [19]. Угловая створка находится в краниальном углу правого желудочка в области фиброзного кольца граничащего с уровнем клапана легочного ствола. Значение ее длины определено на уровне –  $17,7 \pm 0,17$  мм, ширины –  $16,1 \pm 0,51$  и толщиной –  $0,23 \pm 0,02$  мм. У амурского тигра, как известно в трикуспидальном клапане – три основных створки и одна дополнительная, а наибольшее развитие получила по длине угловая, по ширине и толщине перегородочная створки [11].

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

1) Сердце у самцов сибирской косули имеет эллипсоидную форму, где уровень

правого желудочка располагается выше уровня округлой верхушки левого желудочка.

2) Внутренняя структура правого желудочка характеризуется выраженной трабекуляцией, которая увлекает поток крови с вовлечением изнутри створок клапана (пристеночной, перегородочной и угловой) и проходит за сосочковыми мышцами (большой и малой, добавочной и подартериальной) и их сухожильными хордами. Со стороны свободной стенки определены две перекидные трабекулы (длиной –  $13,7 \pm 0,33$ ; шириной –  $3,2 \pm 0,11$  и толщиной –  $0,95 \pm 0,03$  мм), которые препятствуют перерастяжению фиброзного кольца.

3) Среди рельефности правого желудочка сердца сибирской косули выделяется четыре сосочковых мышцы – большая, малая, подартериальная и добавочная, с определенными морфологическими формами и показателями. От своей поверхности к створкам клапана отдают до 24-27 сухожильных струн. В правом желудочке определена мышечно-сухожильная септомаргинальная трабекула, которая соединяет основание большой сосочковой мышцы и межжелудочковую перегородку, а также три-четыре сухожильных тяжа.

4) Анализ морфометрических показателей правого атриовентрикулярного клапана показал, что наибольшее значение высоты створки отмечено у пристеночной, а ширины закрепления и толщины у перегородочной створок. Отмечено наличие двух-трех промежуточных створок, которые отличаются меньшими размерами (высотой –  $9,5 \pm 0,71$ ; шириной –  $10,2 \pm 0,21$  и толщиной –  $0,19 \pm 0,01$  мм).

#### **MORPHOLOGY FEATURES OF THE ENDOCARDIAL STRUCTURES OF THE RIGHT VENTRICLE OF THE SIBERIAN ROE DEER HEART**

**Tarasevich V.N.** – Candidate of veterinary sciences, Associate Professor of the Department of special veterinary disciplines; FSBEI HE "Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky.

\*tarasevich7239@mail.ru

#### **ABSTRACT**

Hemodynamics of blood through the heart is carried out in one direction, where the diastole of the heart is replaced by a systole, and promotes the movement of blood through the circulatory circles. An important role in this is played not only by the heart valves, which restrain the movement of blood into the atria (sash) and ventricles (aortic valve and pulmonary artery), but also by myoendocardial formations and respiratory motility organs. In the available literature, the specific features of the heart in different animal species have been determined, however, no descriptions of the anatomy of endocardial formations of the right ventricle of the heart have been found in males of the Siberian roe deer.

To assess the morphometric structures, hearts from 18-month-old Siberian roe deer males ( $n=3$ ) obtained on the territory of the hunting grounds of the Irkutsk region were used.

The heart has an ellipsoid shape, where the right ventricle is located above the level of the rounded tip of the left ventricle. Its internal structure is characterized by pronounced trabeculation, where two folding trabeculae are defined from the side of the free wall, which prevent the overgrowth of the fibrous ring. Among the relief of the right ventricle of the heart of the Siberian roe deer, four papillary muscles are distinguished – large, small, subterranean and additional, with certain morphological forms and indicators.

Muscles give up to 24-27 tendon strings to the valve flaps. The septomarginal trabecula connects the base of the large papillary muscle and the interventricular septum, and three to four tendon cords between the septum and the ventricular wall.

The greatest value of the height of the tricuspid valve flap was noted at the wall, and the width of the fastening and thickness at the partition flaps. The presence of two or three intermediate flaps was noted, which differ in smaller sizes (height -  $9.5 \pm 0.71$ ; width –  $10.2 \pm 0.21$  and thickness –  $0.19 \pm 0.01$  mm).



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зеленовский Н.В. Анатомия животных: учебник для вузов / Н.В. Зеленовский, М.В. Щипакин. – 3-е издание, стереотипное. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. – 484 с. – ISBN 978-5-8114-9444-6.
2. Тарасевич В.Н. Особенности морфологии полулунных клапанов аорты и легочного ствола у сибирской косули / В.Н. Тарасевич, Р.А. Жилин, А.Н. Тарасевич // Вестник НГАУ. – 2023. – № 1(66). – С. 218-224. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-218-224.
3. Myoendocardial formations of heart atria and ventricles of the female Amur leopard cat (*Prionailurus bengalensis euptilurus*) in normal fertile age / R. A. Zhilin, I. P. Korotkova, E. N. Liubchenko [et al.] // *Cardiometry*. 2021. No. 20. P. 41-44. DOI 10.18137/cardiometry.2021.20.4043.
4. Тарасевич В.Н. Анатомические особенности грудной кости байкальской нерпы / В.Н. Тарасевич, С.А. Сайванова // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 4. – С. 288-294. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.4.288.
5. Каранина В.Д. Консервативные методы медикаментозного лечения микоза воздухоносного мешка у лошадей / В.Д. Каранина, О.С. Попова // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 3. – С. 9-14. – DOI 10.17238/issn2072-2419.2020.3.9.
6. Тарасевич В.Н. Особенности морфологии поперечного грудного мускула у маралов в постнатальном онтогенезе / В.Н. Тарасевич // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 6(129). – С. 150-154.
7. Жилин Р.А. Морфометрические характеристики внутренних структур сердца амурского тигра в возрасте одного-трех лет / Р.А. Жилин, И.П. Короткова // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 12(111). – С. 220-226.
8. Жилин Р.А. Анатомия сердца водяного оленя (*Hydropotes Inermis Argyropus*) / Р.А. Жилин // Вестник ИрГСХА. – 2020. – № 98. – С. 43-52.
9. Tarasevich V.N. Morphological features of the venous bed of the heart of the Baikal seal / V.N. Tarasevich // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. Kazan: EDP Sciences, 2021. P. 00061. DOI 10.1051/bioconf/20213700061.
10. Хватов В.А. Морфология правой септомаргинальной трабекулы козы англо-нубийской породы / В.А. Хватов, М.В. Щипакин // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – №1. – С. 214-220. <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.1.214>.
11. Зеленовский Н.В. Рентгенографическая локация дуги аорты и ее ветвей у кошки домашней и рыси евразийской / Н.В. Зеленовский, М.В. Щипакин, Д.С. Былинская [и др.] // Аграрная наука. – 2022. – № 4. – С. 21-25. – DOI 10.32634/0869-8155-2022-358-4-21-25.
12. Былинская Д.С. Анатомо-топографические закономерности левой коронарной артерии сердца кошки породы мейн-кун / Д.С. Былинская, Н.В. Зеленовский, Д.В. Васильев // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 3. – С. 170-175. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.3.170.
13. Малофеев Ю.М. Пинцет для работы с лимфатической системой / Ю. М. Малофеев, Л. В. Ткаченко, В. Н. Тарасевич [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 6(60). – С. 55-56.
14. Малофеев Ю.М. Способ целостной фиксации комплекса органов у мелких животных с сохранением топографии и последующими комплексными морфологическими исследованиями / Ю.М. Малофеев, Л. В. Ткаченко, В.Н. Тарасевич [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 7(61). – С. 79-81.
15. Клевезаль Г.А. Определение возраста млекопитающих по слоистым структурам зубов и кости / Г.А. Клевезаль, С.Е. Клейненберг. – М.: Наука. – 1967. – 144 с.
16. Тарасевич В. Н. Особенности анатомии сердца у щенков байкальской нерпы / В.Н. Тарасевич, Н.И. Рядинская // Иппо-



логия и ветеринария. – 2020. – № 3(37). – С. 178-183.

17. Тарасевич В.Н. Некоторые особенности морфологии сердца носухи (*Nasua nasua*) / В.Н. Тарасевич, Н.И. Рядинская // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – №1. – С. 205-211. – DOI:10.52419/issn2072-2419.2023.1.205.

18. Завалеева С.М. Морфология внутренних структур сердца косули / С.М. Завалеева, Е.Н. Чиркова // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: материалы III международной научной конференции (Оренбург, 25-27 мая 2006 г.). – Оренбург: Принт-сервис. – 2006. – С. 225-226.

19. Хватов В.А. Видовые и породные закономерности строения трикуспидального и митрального клапанов сердца овцы эдильбаевской породы / В.А. Хватов, М.В. Щипакин // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: сборник научных трудов. Том № 153. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – С. 63-65.

## REFERENCES

1. Zelenevsky N.V., Shchipakin M.V. Animal Anatomy: textbook for universities; – 3rd edition, stereotypical. – St. Petersburg: Publishing House "Lan". 2022. – 484 p. – ISBN 978-5-8114-9444-6. (In Russ.)

2. Tarasevich V.N., Zhilin R.A., Tarasevich A.N. Morphology features of semilunar valves of the aorta and pulmonary trunk in Siberian roe deer. Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet). 2023;1(66):218-224. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-218-224. (In Russ.)

3. Zhilin R.A., Korotkova I.P., Liubchenko E.N. et al. Myoendocardial formations of heart atria and ventricles of the female Amur leopard cat (*Prionailurus bengalensis euptilurus*) in normal fertile age. Cardiometry. 2021. No. 20. P. 41-44. DOI 10.18137/cardiometry.2021.20.4043.

4. Tarasevich V.N., Sajvanova S.A. Anatomical features of the breast bone of the Baikal seal. International Journal of Veterinary

Medicine. 2022; 4:288-294. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.4.288. (In Russ.)

5. Karanina V.D., Popova O.S. Conservative methods of medical treatment of mycosis of the air sac in horses. International Journal of Veterinary Medicine. 2020; 3:9-14. DOI 10.17238/issn2072-2419.2020.3.9. (In Russ.)

6. Tarasevich V.N. Osobennosti morfologii poperechnogo grudnogo muskula u maralov v postnatal'nom ontogeneze / V.N. Tarasevich // Vestnik KrasGAU. – 2017. – № 6 (129). – S. 150-154.

7. Zhilin R.A., Korotkova I.P. Morphometric characteristics of the internal structures of the Amur tiger heart at the age of one to three years. Bulletin of KrasGAU. 2015;12 (111):220-226. (In Russ.)

8. Zhilin R.A. Anatomy of the heart of a water deer (*Hydropotes Inermis Argyropus*). Bulletin of the IrGSHA. 2020; 98:43-52. (In Russ.)

9. Tarasevich V.N. Morphological features of the venous bed of the heart of the Baikal seal. BIO Web of Conferences: Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 may 2021, Kazan: EDP Sciences; 2021. p. 00061. DOI 10.1051/bioconf/20213700061.

10. Khvatov V.A., Shchipakin M.V. Morphology of the right septomarginal trabecula of an Anglo-Nubian goat. International Journal of Veterinary Medicine. 2021;(1):214-220. <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.1.214>. (In Russ.)

11. Zelenevsky N.V., Shchipakin M.V., Bylinskaya D.S. et al. Radiographic location of the aortic arch and its branches in domestic cats and Eurasian lynx. Agricultural science. 2022; 4:21-25. DOI 10.32634/0869-8155-2022-358-4-21-25. (In Russ.)

12. Bylinskaya D.S., Zelenevsky N.V., Vasiliev D.V. Anatomical and topographic patterns of the left coronary artery of the heart of a Maine coon cat. International Journal of Veterinary Medicine. 2022;(3):170-175. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.3.170>. (In Russ.)

13. Malofeev Yu.M., Tkachenko L.V., Tarasevich V.N. et al. Tweezers for working with the lymphatic system. Agrarian Bulletin

- of the Urals. 2009;6(60):55-56. (In Russ.)
14. Malofeev Yu.M., Tkachenko L.V., Tarasevich V.N. et al. A method of holistic fixation of a complex of organs in small animals with preservation of topography and subsequent complex morphological studies. Agrarian Bulletin of the Urals. 2009;7(61):79-81. (In Russ.)
15. Klevezal G.A., Kleinenberg S.E. Determination of the age of mammals by layered structures of teeth and bone. Moscow: Nauka. 1967. 144 p. (In Russ.)
16. Tarasevich V.N., Ryadinskaya N.I. Features of the anatomy of the heart in Baikal seal puppies. Hippology and veterinary medicine. 2020;3(37):178-183. (In Russ.)
17. Tarasevich V.N., Rjadinskaja N.I. Some features of the morphology of the nasal heart (Nasua nasua). International Journal of Veterinary Medicine. 2023; 1:205-211. DOI:10.52419/issn2072-2419.2023.1.205. (In Russ.)
18. Zavaleeva S.M., Chirkova E.H. Morphology of the internal structures of the roe deer heart. Bioraznoobrazie i bioresursy Urala i sopredel'nyh territorij: materialy III mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (Orenburg, 25-27 maja 2006 g). Orenburg: Print-servis. 2006. pp. 225-226. (In Russ.)
19. Hvatov V.A., Shhipakin M.V. Species and breed patterns of the structure of tricuspid and mitral heart valves of sheep of the Edilbaev breed. Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny: sbornik nauchnyh trudov. T. 153. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet veterinarnoj mediciny, 2022. pp. 63-65. (In Russ.)



УДК: 619:[616:618.3+577.125:577.15]:636.2

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.301

## СОСТОЯНИЕ ПРООКСИДАНТНО-Антиоксидантной системы у коров с разным клиническим состоянием во время беременности

Востроилова Г.А. – д. биол. н. (ORCID 0000-0002-2960-038X), Паршин П.А. – д. вет. н. (0000-0002-8790-0540), Жуков М.С. – к. вет. н. (ORCID 0000-0002-9317-7344), Хохлова Н.А. – к. вет. н. (ORCID 0000-0001-6861-2554), Шабанов Д.И. – (ORCID 0000-0002-1574-1317), Корчагина А.А. – (ORCID 0000-0002-8561-417X)

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии»

\*maxim.zhukoff2015@yandex.ru

**Ключевые слова:** антиоксидантная защита, перекисное окисление липидов, крупный рогатый скот, хроническое воспаление, анемия, беременность.

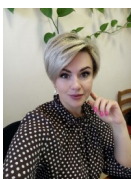
**Keywords:** antioxidant protection, lipid peroxidation, cattle, chronic inflammation, anemia, gestation.

**Благодарности:** Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием по теме «Изучить роль цитокинов в этиопатогенезе коморбидных патологий молодняка крупного рогатого скота и разработать методологические подходы фармакокоррекции с использованием их эндогенных аналогов». Регистрационный номер НИОКТР в ЦИТИС 12011900508-7

Поступила: 10.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Целью исследования явилось изучение влияния сроков беременности на состояние ферментативного звена антиоксидантной защиты (АОЗ) и образование продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) у коров с синдромом анемии и хронического системного воспаления. Были сформированы 3 группы коров: группа I (n=15) – здоровые; группа II (n=8) – с гипохромной микроцитарной анемией; группа III (n=7) – с синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности. На 150-160, 210-220 и 260-265 дни стельности производили отбор проб крови для исследования показателей ПОЛ, АОЗ и эндогенной интоксикации. Получены данные об особенностях состояния системы ПОЛ-АОЗ у коров с разным клиническим состоянием во время беременности. Установлено, что между сроком стельности и активностью каталазы имеется обратная корреляционную связь заметной силы. Также выявлена достоверная прямая корреляционная связь высокой силы в отношении уровня оксида азота. У коров с анемией отмечены менее интенсивные тенденции увеличения оксида азота, что может иметь важную роль в контроле фетопла-

центарной гемодинамики и насыщении крови плода кислородом. В группе I и II уровень диеновых конъюгатов имел достоверную прямую корреляционную связь заметной силы, но в группе III сила связи возрастала и становилась высокой, что отражалось на уровне молекул среднемолекулярной массы, определяемых на длине волны 254 нм. Таким образом, с увеличением срока стельности происходит усиление интенсивности ПОЛ, которое наиболее выражено у коров с синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности, в результате чего у них появляется эндогенная интоксикация. Вместе с этим у коров с анемией менее активно вырабатывается оксид азота, что может привести к развитию фетоплацентарной недостаточности и гипоксическому состоянию плода.

#### **ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION**

Многолетняя селекционная работа в молочном скотоводстве в направлении повышения продуктивности животных привела к тому, что в условиях современного животноводства потребности организма высокопродуктивных коров не покрываются полностью, что влечет за собой развитие разнообразных патологий [1; 2].

Значительную роль в развитии патологических состояний в организме сельскохозяйственных животных играют метаболические сдвиги (особенно нарушения в функционировании прооксидантно - антиоксидантной системы), что отражается на общеклиническом состоянии, продуктивности и рентабельности их использования [3]. Дефекты в функционировании системы ПОЛ-АОЗ приводят к снижению резистентности организма и усилению воздействия на него неблагоприятных факторов внешней и внутренней среды. Поэтому интерес к клиническим аспектам проявления нарушений в этом звене метаболизма в организме крупного рогатого скота остается весьма актуальным [4-6].

Беременность, роды и послеродовый период являются наиболее сложными в процессе эксплуатации молочного скота. Именно в это время отмечается усиленная тенденция к развитию нарушений в системе антиоксидантной защиты и провокации окислительного стресса у коров [3].

Установлено, что активация процессов перекисидации является важ-

ным патогенетическим фактором, имеющим негативное влияние на возникновение, течение, эффективность терапии и исход воспалительных заболеваний. При этом вклад различных звеньев свободно-радикального окисления в развитии определенных патологий может отличаться [7; 8].

Поэтому целью работы явилось изучение влияния сроков беременности на состояние ферментативного звена антиоксидантной защиты и образование продуктов перекисного окисления липидов у коров с синдромом анемии и хронического системного воспаления.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

Исследования были проведены в условиях животноводческого комплекса по производству молока, расположенного в Бобровском района Воронежской области. В опыте были задействованы коровы красно-пестрой породы (n=30) со сроком стельности 150-160 дней. Все животные были подвергнуты обследованию с отбором проб цельной крови для определения их клинического статуса и формирования опытных групп. Кровь отбирали через 6 часов после кормления из хвостовой вены с помощью вакуумной системы забора крови в пробирки («Zhejiang Gongdong Medical Technology Co. Ltd.», Китай) с КЗ ЕТДА в качестве антикоагулянта. Плазму и сыворотку крови получали центрифугированием образцов при 3000 об/мин в течение 15 минут («Durafuge 300 R», Франция). В цельной крови на гематологическом анализаторе ABX Micros 60 СТ/ОТ (Франция) определяли количество эрит-

роцитов, лейкоцитов, лейкоформулу, уровень гемоглобина, гематокрита с расчётом эритроцитарных коэффициентов (MCV- средний объем эритроцита, MCH – среднее содержание гемоглобина в эритроците, MCHC – средняя концентрация гемоглобина в эритроците) [9]. В сыроворотке крови определяли белковые фракции методом электрофоретического разделения в агарозном геле. Лабораторные исследования системы оксида азота, перекисного окисления липидов (ПОЛ), антиоксидантной защиты (АОЗ) и эндогенной интоксикации выполняли на спектрофотометре UV-1700 («Shimadzu», Япония). Для изучения системы оксида азота определяли уровень стабильных метаболитов оксида азота ( $\text{NO}_x$ ), методом основанном на восстановлении  $\text{NO}_3$  до  $\text{NO}_2$  хлоридом ванадия (III) с последующим определением нитрата с помощью реактива Грисса. О состоянии антиоксидантной защиты организма коров судили на основании определения активности каталазы и глутатионпероксидазы (ГПО). Перекисное окисление липидов оценивали по результатам исследования количества первичных и промежуточных продуктов ПОЛ, таких как малоновый диальдегид (МДА), диеновые конъюгаты (ДК) и кетодиены (КД). Определение продуктов перекисного окисления липидов осуществляли в соответствии с методическими положениями по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты [10]. Уровень эндогенной интоксикации оценивали по уровню содержания молекул среднемолекулярной массы, определяемых на длине волны 254 ( $\text{MCM}_{254}$ ) и 280 нм ( $\text{MCM}_{280}$ ) [11]. На основании клинических и гематологических исследований коровы были разделены на 3 группы: группа I (n=15) – здоровые коровы; группа II (n=8) – коровы с гипохромной микроцитарной анемией; группа III (n=7) – коровы с синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности. В дальнейшем у всех животных на 210-220 и 260-265 дни стельности производился повторный отбор проб кро-

ви для исследования показателей перекисного окисления липидов, активности антиоксидантной защиты и эндогенной интоксикации. Полученные данные подвергались статистической обработке с использованием пакета программ Statistica v6.1. Рассчитывали среднюю арифметическую (M) и ошибку средней (SE). Достоверность различия между выборками оценивалась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни. Для оценки влияния срока стельности на уровень изучаемых показателей внутри групп проводился непараметрический корреляционный анализ с определением коэффициента корреляции Спирмена ( $r_s$ ). При проверке статистических гипотез использовали 5% уровень значимости.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Первичный клинический осмотр коров со сроком стельности 150-160 дней показало, что у всех обследованных животных отсутствовали видимые патологические признаки. Лабораторные исследования крови позволили установить, что у 15 животных (50%) не имелось отклонений от нормы, и они были признаны здоровыми. У 8 (26,7%) обследуемых коров были выявлены признаки гипохромной микроцитарной анемии, характеризующиеся пониженным уровнем гемоглобина, среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроците относительно нижней границы нормы на 9,4; 10,3 и 13,7%, соответственно. У остальных 7 (23,3%) обследуемых коров выявлены признаки синдрома хронического системного воспаления низкой степени интенсивности, характеризующегося повышенным содержанием сегментоядерных нейтрофилов и  $\beta$ -глобулинов относительно нормы на 19,7 и 5,7%, соответственно. При этом необходимо отметить, что в сравнении с группой здоровых коров отмечалось повышенное содержание сегментоядерных нейтрофилов на 31,8% и пониженный уровень моноцитов и лимфоцитов на 37,0 и 16,5%, соответственно. Также был достоверно повышен уровень  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов на 10,0, 13,8 и 8,6%, соответственно (табл. 1).



Таблица 1

**Гематологические и биохимические показатели коров  
на 150-160 день стельности**

| Показатели              | Группа I<br>(n=15) | Группа II<br>(n=8) | Группа III<br>(n=7) | Референсный<br>интервал  |
|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| Эритроциты, $10^{12}/л$ | 6,2±0,09           | 5,6±0,19*          | 6,4±0,16            | 4,8-7 <sup>[12]</sup>    |
| Гемоглобин, г/л         | 99,6±1,85          | 81,5±2,03*         | 100,9±2,45          | 90-140 <sup>[12]</sup>   |
| Гематокрит, %           | 29,8±0,39          | 25,1±0,89*         | 30,8±0,52           | 25-34 <sup>[12]</sup>    |
| MCV, мкм <sup>3</sup>   | 47,9±0,59          | 44,4±1,34*         | 48,9±1,71           | 49,5-54 <sup>[12]</sup>  |
| MCH, пкг                | 16,0±0,30          | 14,5±0,55*         | 15,9±0,54           | 16,8-20 <sup>[12]</sup>  |
| MCHC, г/л               | 333,8±4,73         | 326,0±7,28         | 325,9±5,29          | 300-350 <sup>[12]</sup>  |
| Лейкоциты, $10^9/л$     | 9,7±0,44           | 8,1±0,79*          | 9,5±0,35            | 4,5-12 <sup>[13]</sup>   |
| Нейтрофилы: Юные, %     | 0±0                | 0±0                | 0±0                 | 0-1 <sup>[13]</sup>      |
| Палочкоядерные, %       | 3,5±0,31           | 3,36±0,42          | 3,9±0,26            | 3-6 <sup>[13]</sup>      |
| Сегментоядерные, %      | 31,8±0,79          | 35,0±1,07*         | 41,9±2,87*          | 20-35 <sup>[13]</sup>    |
| Эозинофилы, %           | 3,1±0,64           | 2,8±0,77           | 4,5±0,68            | 5-8 <sup>[13]</sup>      |
| Базофилы, %             | 3,1±0,64           | 2,8±0,77           | 4,5±0,68            | 0-2 <sup>[13]</sup>      |
| Моноциты, %             | 4,6±0,33           | 4,9±0,48           | 2,9±0,35*           | 2-7 <sup>[13]</sup>      |
| Лимфоциты, %            | 57,0±1,07          | 54,0±1,66          | 47,6±2,64*          | 40-65 <sup>[13]</sup>    |
| γ-глобулины, г/л        | 19,7±0,39          | 18,6±0,89          | 21,4±0,64*          | 18-34 <sup>[14]</sup>    |
| β-глобулины, г/л        | 13,0±0,52          | 12,5±0,62          | 14,8±0,84*          | 7,3-14 <sup>[14]</sup>   |
| α-глобулины, г/л        | 11,0±0,31          | 10,3±0,42          | 12,1±0,44*          | 8,3-16,5 <sup>[14]</sup> |
| Альбумин, г/л           | 34,7±0,85          | 34,6±0,92          | 34,9±1,27           | 21-35 <sup>[14]</sup>    |

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$  в сравнении с группой здоровых коров

Исследование ферментативного звена антиоксидантной системы показало, что уровень активности каталазы у коров из группы I на 150-160 день стельности был на 36,8% выше верхнего значения нормы, а глутатионпероксидаза на уровне нижней границы нормы (табл. 2).

Уровень метаболитов  $NO_x$  в свою очередь был снижен на 29,8%. При этом уровень МДА был выше нормальных значений на 94,2%, а ДК ниже на 40%. При сравнении данных показателей с аналогичными у коров с гипохромной анемией отмечено достоверное уменьшение уровня активности каталазы на 14,3%, которая является гемсодержащим ферментом. Уменьшена активность ГПО на 8,5%. В группе 3 отмечалось снижение активности ГПО на 22,6% и увеличение уровня МДА и ДК на 26,2 и 44,4%, соответственно. Определение уровня молекул средней массы при длине волны 254 и

280 нм показало, что у всех обследованных животных данные показатели находились в пределах референсных значений.

При повторном исследовании крови у коров из группы I на 210-220 дни стельности достоверно снизился уровень каталазы на 16,1%, а активность ГПО не изменилась. Уровень суммарных метаболитов  $NO_x$  достоверно увеличился в 2,6 раза. При этом количество МДА уменьшилось на 35,6%, а КД и ДК увеличилось в 2,0 и 2,6 раза. В других исследуемых группах динамика изменений имела аналогичный характер, но с разной степенью выраженности. Так в группе II количество МДА снизилось на 32,8%, а количество КД и ДК увеличилось в 2,3 и 2,9 раза. При этом активность ГПО не изменилась, а каталазы снизилась на 5,1%. Уровень оксида азота увеличился в 2,3 раза. У животных из группы III содержание МДА снизилось на 49,0%, а уровень КД и ДК увеличился

на 62,8 и 61,5%. Вместе с этим в 2,4 раза увеличился уровень метаболитов  $\text{NO}_x$ .

Исследования, проведенные на 260-265 день стельности, показали, что в группе I за период от предыдущего обследования не произошло достоверно значимых изменений в показателях ферментативного звена антиоксидантной системы, однако отмечено увеличение уровня оксида азота, которое было в пределах физиологической нормы. При этом также необходимо отметить, что ДК и КД находятся у верхней границы нормы, что указывает на сохранение динамического равновесия между процессами свободнорадикального окисления и активностью антиоксидантной системой организма. Аналогичная динамика показателей так-

же наблюдалась у животных из группы II. Отличительной чертой животных из группы III стало сохранение активности ферментативного звена, но усиление процессов свободнорадикального окисления, в результате чего наблюдалось увеличение количества ДК и КД с их выходом за предел референсного диапазона. В группе III аналогичные показатели были выше в 2,7 и в 2,0 раза, соответственно. Уровень молекул средней массы у животных из группы III достоверно возрос на длине волн 254 и 280 нм на 28,1 и 19,0%, соответственно. При этом на длине волны 254 нм содержание МСМ вышло за пределы референсных значений на 9,3%, что указывает на появление эндогенной интоксикации.

**Таблица 2**  
**Показатели ПОЛ-АОЗ у стельных коров с разным клиническим состоянием и сроком стельности**

| Показатели                                                                   | Дни     | Группа I<br>(n=15)       | Группа II<br>(n=8)       | Группа III<br>(n=7)        | Референсный<br>интервал   |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Каталаза, мкМ<br>$\text{H}_2\text{O}_2/\text{л} \cdot \text{мин} \cdot 10^3$ | 150-160 | 54,7±0,93                | 46,9±0,97 <sup>1</sup>   | 53,7±0,56                  | 30-40 <sup>[10]</sup>     |
|                                                                              | 210-220 | 45,9±1,50 <sup>2</sup>   | 44,5±0,85 <sup>2</sup>   | 46,5±2,12 <sup>2</sup>     |                           |
|                                                                              | 260-265 | 45,3±1,89 <sup>2</sup>   | 47,3±1,27                | 44,4±2,27 <sup>2</sup>     |                           |
| ГПО, мкМ G-SH/<br>$\text{л} \cdot \text{мин} \cdot 10^3$                     | 150-160 | 19,9±0,70                | 18,2±1,28                | 15,4±0,93 <sup>1</sup>     | 20-35 <sup>[10]</sup>     |
|                                                                              | 210-220 | 21,6±1,42                | 17,6±0,31 <sup>1</sup>   | 22,0±0,79 <sup>2</sup>     |                           |
|                                                                              | 260-265 | 22,3±1,01 <sup>2</sup>   | 23,4±1,09 <sup>2</sup>   | 20,2±1,32 <sup>2</sup>     |                           |
| $\text{NO}_x$ , мкМ/л                                                        | 150-160 | 28,1±3,86                | 23,0±3,41                | 24,2±3,32                  | 40-120 <sup>[10]</sup>    |
|                                                                              | 210-220 | 73,3±8,52 <sup>2</sup>   | 51,8±10,53 <sup>2</sup>  | 59,0±9,67 <sup>2</sup>     |                           |
|                                                                              | 260-265 | 93,9±12,2 <sup>2</sup>   | 88,2±8,76 <sup>2</sup>   | 92,2±13,86 <sup>2</sup>    |                           |
| МДА, мкМ/л                                                                   | 150-160 | 2,33±0,098               | 2,53±0,109               | 2,94±0,279 <sup>1</sup>    | 0,8-1,2 <sup>[10]</sup>   |
|                                                                              | 210-220 | 1,5±0,06 <sup>2</sup>    | 1,7±0,07 <sup>2</sup>    | 1,5±0,08 <sup>2</sup>      |                           |
|                                                                              | 260-265 | 1,45±0,112 <sup>2</sup>  | 1,36±0,048 <sup>2</sup>  | 1,45±0,103 <sup>2</sup>    |                           |
| ДК, $D_{232}/\text{мг}$ липидов                                              | 150-160 | 0,09±0,005               | 0,09±0,011               | 0,13±0,010 <sup>1</sup>    | 0,15-0,25 <sup>[10]</sup> |
|                                                                              | 210-220 | 0,23±0,01 <sup>2</sup>   | 0,26±0,031 <sup>2</sup>  | 0,21±0,021 <sup>2</sup>    |                           |
|                                                                              | 260-265 | 0,21±0,018 <sup>2</sup>  | 0,23±0,037 <sup>2</sup>  | 0,35±0,035 <sup>1,2</sup>  |                           |
| КД, $D_{278}/\text{мг}$ липидов                                              | 150-160 | 0,04±0,002               | 0,04±0,004               | 0,04±0,004                 | 0,03-0,05 <sup>[10]</sup> |
|                                                                              | 210-220 | 0,08±0,004               | 0,09±0,010 <sup>2</sup>  | 0,07±0,004 <sup>2</sup>    |                           |
|                                                                              | 260-265 | 0,05±0,004 <sup>2</sup>  | 0,06±0,006 <sup>2</sup>  | 0,08±0,003 <sup>1,2</sup>  |                           |
| МСМ <sub>254</sub> , усл. ед.                                                | 150-160 | 0,259±0,002              | 0,262±0,004              | 0,256±0,003                | до 0,3 <sup>[11]</sup>    |
|                                                                              | 210-220 | 0,225±0,002 <sup>2</sup> | 0,223±0,005 <sup>2</sup> | 0,225±0,004 <sup>2</sup>   |                           |
|                                                                              | 260-265 | 0,278±0,014              | 0,275±0,013              | 0,328±0,012 <sup>1,2</sup> |                           |
| МСМ <sub>280</sub> , усл. ед.                                                | 150-160 | 0,214±0,003              | 0,210±0,005              | 0,211±0,003                | до 0,3 <sup>[11]</sup>    |
|                                                                              | 210-220 | 0,176±0,003 <sup>2</sup> | 0,173±0,006 <sup>2</sup> | 0,175±0,005 <sup>2</sup>   |                           |
|                                                                              | 260-265 | 0,206±0,013              | 0,203±0,011              | 0,251±0,010 <sup>1,2</sup> |                           |

Примечание: <sup>1</sup> –  $p \leq 0,05$  в сравнении с группой здоровых коров; <sup>2</sup> –  $p \leq 0,05$  в сравнении с данными на 150-160 день стельности.

Вместе с этим корреляционным анализом Спирмена установлено, что уровень активности каталазы имеет достоверную, заметную, обратную корреляционную связь по шкале Чеддока, что указывает на снижение активности данного фермента с увеличением срока стельности. Исключением являются животные из группы с гипохромной анемией, у которых уровень каталазы был относительно стабилен (табл. 3).

Активность ГПО имела достоверную прямую корреляционную связь умеренной силы в группах II и III. Выявлена достоверная прямая корреляционная связь высокой силы прогнозирования в отношении уровня оксида азота, которая не имела групповых особенностей. При этом также была отмечена достоверная обратная корреляционная связь высокой силы прогнозирования в отношении уровня МДА. В группе I и II уровень ДК имел достоверную прямую корреляционную связь заметной силы, но в группе III сила связи возрастала и становилась высокой, что также характерно и для уровня КД. Также в группе III была отмечена прямая корреляционная связь умеренной силы между уровнем МСМ<sub>254</sub> и сроком стельности.

Таким образом, у коров со сроком стельности 150-160 дней наблюдалось окислительное напряжение, характеризовавшееся повышенным уровнем МДА, образующегося в результате перекисного окисления липидов полиненасыщенных жирных кислот. Наравне с этим была отмечена повышенная активность каталазы, которая препятствует избыточному накоплению в клетках пероксида водорода посредством его разложения с образованием молекулярного кислорода и воды. Однако в нашем исследовании было также показано, что у животных с гипохромной анемией активность каталазы была ниже, чем у других обследуемых животных. Вероятнее всего, данные изменения напрямую связаны с анемией,

так как каталаза является гемотетрамерным белком, в составе которого содержится 0,09% железа [15]. На фоне повышенной активности каталазы отмечалось уменьшение активности селеносодержащей ГПО, которая участвует в реакциях превращения пероксида водорода и органических гидропероксидов, прежде всего липидных и фосфолипидных. Более выраженное уменьшение активности ГПО отмечали у животных с синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности. Действительно увеличение срока стельности коров с воспалительными процессами сопровождалось угнетением активности ферментов системы глутатиона [16].

В дальнейшем, в третьем триместре беременности, у коров происходило снижение активности ферментативного звена антиоксидантной защиты, что вело к активации свободнорадикального окисления липидов и накоплению КД и ДК. При этом необходимо отметить, что наиболее активно данные процессы происходили у коров с синдромом системного хронического воспаления, в результате чего у них развивались признаки эндогенной интоксикации, которые проявлялись в увеличении уровня содержания в крови КД, ДК и МСМ<sub>254</sub>. В подтверждение наших данных исследование Gutýj B. с соавт., 2017, показало связь эндогенной интоксикации у стельных коров с нарушениями дезинтоксикационной функции печени и фильтрационной функции почек. При этом отмечали подавление активности ферментов антиоксидантной защиты, что было связано с усилением активации ПОЛ и нарушением баланса между активностью антиоксидантной системы и интенсивностью перекисного окисления липидов и, как следствие, с окислительным стрессом [16].

С увеличением срока стельности коров происходило закономерное повышение уровня первичного радикала (оксида азота), с достижением максимального уровня во второй половине третьего триместра беременности. Эти данные также согласуются с результатами ряда исследований

[17-19]. Однако в нашем исследовании выявлены менее интенсивные тенденции увеличения оксида азота у коров с анемией. Стоит отметить, что оксид азота является сигнальной молекулой, участвующей в различных процессах, включая регуляцию сосудистого тонуса, клеточное дыхание, пролиферацию и апоптоз. Трофобластическая инвазия, развитие плаценты и расширение сосудов плаценты и, следовательно, плацентарный кровоток – все это опосредуется оксидом азота, вырабатываемым локально [19]. Поэтому  $\text{NO}_x$  может играть жизненно важную роль в контроле фетоплацентарной гемодинамики и, следовательно,

но, иметь решающее значение в питании и насыщении плода кислородом.

Таким образом, протекание беременности сопряжено с оксидативным напряжением в организме коров, которое возрастает по мере увеличения срока стельности [20]. Нарушение оксидативных и антиоксидантных процессов приводит к возрастающему дисбалансу процессов ПОЛ и угнетению систем антиоксидантной защиты и, в конечном итоге, может являться как причиной, так и маркером возникновения патологий у стельных коров, развития фетоплацентарной недостаточности [21].

**Таблица 3**  
**Сила корреляционной связи между сроком стельности и показателями ПОЛ-АОЗ**

| Показатели         | Группа I<br>(n=45) | Группа II<br>(n=24) | Группа III<br>(n=21) |
|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Каталаза           | -0,59*             | 0,01                | -0,60*               |
| ГПО                | 0,22               | 0,46*               | 0,50*                |
| $\text{NO}^x$      | 0,74*              | 0,71*               | 0,80*                |
| МДА                | -0,79*             | -0,89*              | -0,71*               |
| ДК                 | 0,61*              | 0,52*               | 0,90*                |
| КД                 | 0,20               | 0,26                | 0,81*                |
| $\text{MCM}_{254}$ | -0,17              | 0,10                | 0,46*                |
| $\text{MCM}_{280}$ | -0,27              | -0,22               | 0,37                 |

Примечание: \* – уровень достоверности  $p \leq 0,05$ .

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенные исследования показали, что у всех коров на 150-160 день стельности независимо от клинического состояния имеется оксидативное напряжение. С увеличением срока стельности происходит усиление интенсивности перекисного окисления липидов, которое наиболее выражено у коров с синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности, в результате чего у них появляется эндогенная интоксикация. Вместе с этим у коров с анемией менее активно вырабатывается оксид азота, что может привести к развитию фетоплацентарной недостаточности и гипоксическому состоянию плода.

#### STATE OF THE PROOXIDANT-ANTIOXIDANT SYSTEM IN COWS WITH VARIOUS CLINICAL STATES DURING GESTATION

Vostroilova G.A. - doctor of biological sciences, chief researcher of the department of experimental pharmacology and functioning of living systems, (ORCID 0000-0002-2960-038X), Parshin P.A. - doctor of veterinary sciences, professor, director, (0000-0002-8790-0540), Zhukov M.S. \* - candidate of veterinary sciences, senior researcher of the department of experimental pharmacology and functioning of living systems (ORCID (0000-0002-9317-7344) , Khokhlova N.A. - candidate of veterinary sciences, senior researcher of the department of experimental pharmacology and functioning of living systems (ORCID 0000-0001-6861-

2554), Shabanov D.I. - researcher of the department of experimental pharmacology and functioning of living systems (ORCID 0000-0002-1574-1317), Korchagina A.A. - candidate of veterinary sciences, senior researcher of the department of experimental pharmacology and functioning of living systems (ORCID 0000-0002-8561-417X)

All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russian Federation

\*maxim.zhukoff2015@yandex.ru

#### ABSTRACT

The purpose of the research was to study the effect of gestational age on the state of the enzymatic link of antioxidant protection (AOP) of lipid peroxidation products (LPO) in cows with anemia syndrome and chronic systemic inflammation. Three (3) groups of cows were formed: group I (n=15) – healthy; group II (n=8) – with hypochromic microcytic anemia; group III (n=7) – with chronic systemic inflammation syndrome of low intensity. On days 150-160, 210-220 and 260-265 of gestation, blood samples were taken to study the indicators of LPO, AOP and endogenous intoxication. There were obtained the data on the peculiarities of the state of the LPO-AOP system in cows with various clinical states during gestation. It has been established that there is an inverse correlation between the period of gestation and catalase activity. A significant direct correlation of high strength with respect to the level of nitric oxide has also been revealed. In cows with anemia, less intense tendencies for an increase in nitric oxide have been noted, which may have an important role in the control of fetoplacental hemodynamics and saturation of the fetal blood with oxygen. In group I and II, the level of diene conjugates had a significant direct correlation of noticeable strength, but in group III, the binding strength increased and became high, which was reflected at the level of molecules of average molecular weight, detectable at a wavelength of 254 nm. Thus, with an increase in the duration of gestation, there is an increase in the LPO

intensity, which is most pronounced in cows with a syndrome of chronic systemic inflammation of a low degree of intensity, as a result of which endogenous intoxication develops. At the same time, nitric oxide is less actively produced in cows with anemia that can lead to the development of fetoplacental insufficiency and hypoxic state of the fetus.

**Acknowledgments:** The work was carried out in accordance with the State task on the topic "To study the role of cytokines in the etiopathogenesis of comorbid pathologies in young cattle and to develop methodological approaches for pharmacocorrection using their endogenous analogues." Registration number of in TsITIS 12011900508-7

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ленкова Н.В. Метаболический стресс у коров при родильном парезе // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т. 14, №2. С 50-56 DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.006.
2. Русаков Р. В., Гарифуллина Н. А. О возможности корректировки некоторых параметров антиоксидантной системы организма дойных коров // Достижения науки и техники АПК. 2010. №5. С. 62-64.
3. Киреев И. В., Беляев В. А., Денисенко Т. С. Влияние препаратов "Мебисел" и "Эмицидин" на систему антиоксидантной защиты организма коров в послеродовой период // Ветеринария Кубани. 2016. № 2. С. 13-14.
4. Соколова М.И., Кузьмина С.С. Перекисное окисление липидов в крови коров в зависимости от возраста в условиях зимнего содержания // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. №8 (98). С. 53-56. DOI: 10.23670/IRJ.2020.98.8.042.
5. Шапошников И.Т., Коцарев В.Н., Еромолова Т.Г. Коррекция системы ПОЛ-АОЗ у высокопродуктивных коров при иммунодефицитном состоянии в условиях экологического неблагополучия // Ветеринарный фармакологический вест-



- ник. 2020. №3 (12). 223-232. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.3.223
6. Пашенцев А.В., Климов Н.Т., Зимников В.И., Ермолова Т.Г., Алиев А.Ю. Оксидантно-антиоксидантный статус клинически здоровых коров при применении иммунофана // Ветеринарный фармакологический вестник. 2019. – №2 (7). С. 133-137. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2019.2.133
7. Горб Н. Н., Попов Ю. Г., Сороколетова В. М. Про- и антиоксидантный статус у коров с послеродовым эндометритом // Инновации и продовольственная безопасность. 2015. № 4(10). С. 28-32.
8. Горошко О.А., Кукес В.Г., Прокофьев А.Б., Архипов В.В., Демченкова Е.Ю. Клинико-фармакологические аспекты применения антиоксидантных лекарственных средств // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4-5. С. 905-912
9. Козинец Г.И., Сарычева Т.Г., Луговская С.А., Дягилева О.А., Погорелов В.М., Проценко Д.Д. Гематологический атлас: настольное руководство врача-лаборанта. М.: Практическая медицина, 2008. 187 с.
10. Рецкий М.И., Шабунин С.В., Блинецова Г.Н. [и др.] Методические положения по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма. Воронеж: ГНУ ВНИВИПФиТ. 2010. 70 с.
11. Алехин Ю.Н. Эндогенная интоксикация у животных и их диагностика (методические рекомендации). Воронеж: ГНУ ВНИВИПФиТ. 2000. 12 с.
12. Шахов А.Г., Алехин Ю.Н., Шабунин С.В. [и др.] Методическое пособие по диагностике и профилактике нарушений антенатального и интранатального происхождения у телят. Воронеж: Издательство «Истоки», 2013. 92 с.
13. Мотузко Н.С. [и др.] Физиологические показатели животных: справочник. Минск: Техноперспектива. 2008. 95 с.
14. Алехин Ю.Н., Шабунин С.В., Рецкий М.И. [и др.] Методические рекомендации по диагностике и терапии гепатопатий у крупного рогатого скота ГНУ ВНИВИПФиТ. Воронеж: ГНУ ВНИВИПФиТ. 86 с.
15. Аладьева Т.Л., Зиматкин С.М. Катализа клетки: строение, биосинтез, многообразие, синтез // Экспериментальная биология и биотехнология. 2022. №1. С. 12-22.
16. Gutyj B., Grymak Y., Drach M., Bilyk O., Matsjuk O., Magrelo N., Zmiya M., Katsaraba O. The impact of endogenous intoxication on biochemical indicators of blood of pregnant cows // Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2017. V. 3, №. 8, P. 438-443. DOI:10.15421/021768
17. Choi J.W., Im M.W., Pai S.H. Nitric oxide production increases during normal pregnancy and decreases in preeclampsia. Ann Clin Lab Sci. 2002. 32(3). P. 257-263.
18. Shaamash A.H., Elsnosy E.D., Makhoulf A.M., Zakhari M.M., Ibrahim O.A., H.M. EL-d. Maternal and fetal serum nitric oxide (NO) concentrations in normal pregnancy, pre-eclampsia and eclampsia // Int J Gynaecol Obstet. 2000. №68(3). P. 207-214. DOI: 10.1016/s0020-7292(99)00213-1.
19. Owusu Darkwa E., Djagbletey R., Sottie D. Owusu C., Martekuo Vanderpuye N., Essuman R., Aryee G. Serum nitric oxide levels in healthy pregnant women: a case-control study in a tertiary facility in Ghana // Matern health, neonatol and perinatol. 2018. 4. 3 DOI:10.1186/s40748-017-0072-y
20. Sharma, N., Singh, N.K., Singh, O.P., Pandey, V.K., & Verma, P.K. Oxidative Stress and Antioxidant Status during Transition Period in Dairy Cows // Asian-australasian Journal of Animal Sciences. 2011. № 24(4). P. 479-484. DOI: 10.5713/ajas.2011.10220
21. Ventsova I., Safonov V. The role of oxidative stress during pregnancy on obstetric pathology development in high-yielding dairy cows // American journal of animal and veterinary sciences. 2021. № 16 (1). P. 7-14. – DOI 0.3844/ajavsp.2021.7.14

#### REFERENCES

1. Lenkova N.V. Metabolicheskiy stress u korov pri rodil'nom pareze [Metabolic stress in cows with puerperal paresis] // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. V. 14, No.2. Pp. 50-56 DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.006.

2. Rusakov R. V., Garifullina N. A. O vozmozhnosti korrektyrovki nekotorykh parametrov antioksidantnoy sistemy organizma doynykh korov [On the possibility of adjusting some parameters of the antioxidant system of the body of dairy cows] // Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2010. No. 5. Pp. 62-64.
3. Kireyev I. V., Belyayev V. A., Denisenko T. S. Vliyaniye preparatov "Mebisel" i "Emicidin" na sistemu antioksidantnoy zashchity organizma korov v poslerodovoy period [Effect of the drugs "Mebisel" and "Emicidin" on the system of antioxidant protection of the body of cows in the postpartum period] // Veterinaria Kubani. 2016. No. 2. Pp. 13-14.
4. Sokolova M.I., Kuz'mina S.S. Perekisnoye okisleniye lipidov v krovi korov v zavisimosti ot vozrasta v usloviyakh zimnego soderzhaniya [Lipid peroxidation in the blood of cows depending on age in winter keeping conditions] // International research journal. 2020. No. 8 (98). Pp. 53-56. DOI: 10.23670/IRJ.2020.98.8.042.
5. Shaposhnikov I.T., Kotsarev V.N., Yermolova T.G. Korrektsiya sistemy POL-AOZ u vysokoproduktivnykh korov pri immunodefitsitnom sostoyanii v usloviyakh ekologicheskogo neblagopoluchiya [Correction of the LPO-AOD system in high yielding cows with an immunodeficient state under adverse environmental conditions] // Bulletin of Veterinary Pharmacology. 2020. No. 3 (12). 223-232. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.3.223
6. Pashentsev A.V., Klimov N.T., Zimnikov V.I., Yermolova T.G., Aliyev A.Yu. Oksidantno-antioksidantnyy status klinicheskikh zdorovykh korov pri primenenii imunofana [Oxidant-antioxidant status of clinically healthy cows with the use of imunofan] // Bulletin of Veterinary Pharmacology. 2019. – No. 2 (7). Pp. 133-137. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2019.2.133
7. Gorb N. N., Popov Yu. G., Sorokoletova V. M. Pro- i antioksidantnyy status u korov s poslerodovym endometritom [Pro- and antioxidant status in cows with postpartum endometritis] // Innovation and food safety. 2015. No. 4(10). Pp. 28-32.
8. Goroshko O.A., Kukes V.G., Prokof'yev A.B., Arkhipov V.V., Demchenkova E.YU. Kliniko-farmakologicheskiye aspekty primeneniya antioksidantnykh lekarstvennykh sredstv [Clinical and pharmacological aspects of the use of antioxidant drugs] // International Journal of Applied and Basic Research. 2016. No. 4-5. Pp. 905-912
9. Kozinets G.I., Sarycheva T.G., Lugovskaya S.A., Dyagileva O.A., Pogorelov V.M., Protsenko D.D. Gematologicheskiy atlas: nastol'noye rukovodstvo vracha-laboranta [Hematology Atlas: a desktop guide for a laboratory assistant]. M.: Prakticheskaya meditsina, 2008. 187 p.
10. Retskiy M.I., Shabunin S.V., Bliznetsova G.N. [et al.] Metodicheskiye polozheniya po izucheniyu protsessov svobodnoradikal'nogo okisleniya i sistemy antioksidantnoy zashchity organizma [Methodological provisions for studying the processes of free radical oxidation and the system of antioxidant defense of the body]. Voronezh: SSI ARVRIPP&T. 2010. 70 p.
11. Alekhin Yu.N. Endogennaya intoksikatsiya u zhivotnykh i ikh diagnostika (metodicheskiye rekomendatsii). [Endogenous intoxication in animals and their diagnosis (methodical recommendations)]. Voronezh: SSI ARVRIPP&T. 2000. 12 p.
12. Shakhov A.G., Alekhin Yu.N., Shabunin S.V. [et al.] Metodicheskoye posobiye po diagnostike i profilaktike narusheniy antenatal'nogo i intranatal'nogo proiskhozhdeniya u telyat [Methodological guide for the diagnosis and prevention of disorders of antenatal and intranatal origin in calves]. Voronezh: Izdatel'stvo «Istoki», 2013. 92 p.
13. Motuzko N.S. [et al.] Fiziologicheskiye pokazateli zhivotnykh: spravochnik [Physiological indicators of animals: reference book]. Minsk: Tekhnoperspektiva. 2008. 95 p.
14. Alekhin Yu.N., Shabunin S.V., Retskiy M.I. [et al.] Metodicheskiye rekomendatsii po diagnostike i terapii gepatopatii u krupnogo rogatogo skota GNU VNIVIPFiT [Methodical recommendations for the diag-

- nosis and treatment of hepatopathy in cattle SSI ARVRIPP&T]. Voronezh: SSI ARVRIPP&T. 86 p.
15. Alad'yeva T.L., Zimatkin S.M. Katalaza kletki: stroyeniye, biosintez, mnogoobraziye, sintez [Cell catalase: structure, biosynthesis, diversity, synthesis] // *Experimental Biology and Biotechnology*. 2022. No.1. Pp. 12-22.
16. Gutyj B., Grymak Y., Drach M., Bilyk O., Matsjuk O., Magrelo N., Zmiya M., Katsaraba O. The impact of endogenous intoxication on biochemical indicators of blood of pregnant cows // *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. V. 3, No. 8, Pp. 438-443. DOI:10.15421/021768.
17. Choi J.W., Im M.W., Pai S.H. Nitric oxide production increases during normal pregnancy and decreases in preeclampsia. *Ann Clin Lab Sci*. 2002. 32(3). Pp. 257-263.
18. Shaamash A.H., Elsnosy E.D., Makhoulf A.M., Zakhari M.M., Ibrahim O.A., H.M. EL-d. Maternal and fetal serum nitric oxide (NO) concentrations in normal pregnancy, pre-eclampsia and eclampsia // *Int J Gynaecol Obstet*. 2000. No. 68(3). Pp. 207-214. DOI: 10.1016/s0020-7292(99)00213-1.
19. Owusu Darkwa E., Djagbletey R., Sottie D. Owoo C., Martekuo Vanderpuye N., Essuman R., Aryee G. Serum nitric oxide levels in healthy pregnant women: a case-control study in a tertiary facility in Ghana // *Matern health, neonatol and perinatol*. 2018. 4. 3 DOI: 10.1186/s40748-017-0072-y20.
20. Sharma, N., Singh, N.K., Singh, O.P., Pandey, V.K., & Verma, P.K. Oxidative Stress and Antioxidant Status during Transition Period in Dairy Cows // *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*. 2011. No. 24(4). Pp. 479-484. DOI: 10.5713/ajas.2011.10220.
21. Ventsova I., Safonov V. The role of oxidative stress during pregnancy on obstetric pathology development in high-yielding dairy cows // *American journal of animal and veterinary sciences*. 2021. No. 16 (1). Pp. 7-14. – DOI 0.3844/ajavsp.2021.7.14

УДК: 619:616.98:579.852.11:636.22/.28  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.312

## ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ КОРОВ ПОСЛЕ ВАКЦИНАЦИИ ПРОТИВ СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ

Лапина М.Н. – к. биол.н., ведущий научный сотрудник (0000-0002-7651-8450), Ковалева Г.П. – к. с.-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник (0000-0002-6655-2225), Сулыга Н.В. \* – к. биол.н., ведущий научный сотрудник (0000-0002-9724-6271), Витол В.А. – к. с.-х.н., старший научный сотрудник (0000-0002-5254-5200).

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»  
\*natadi80@mail.ru

Поступила: 13.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023

**Ключевые слова:** вакцинация от сибирской язвы, индекс осеменения, сервис-период, плодотворное осеменение

**Key words:** anthrax vaccination, insemination index, service period, productive insemination

**Благодарности:** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках госзадания ФГБНУ «Северо-Кавказский аграрный научный центр» (тема № FNMU-2022-0012).



### РЕФЕРАТ

В данной статье представлены результаты сравнительной оценки показателей воспроизводительной способности коров, осемененных в разные сроки после вакцинации от сибирской язвы. Исследования проведены на коровах черно-пестрой породы в возрасте 1-3 лактации. В первую опытную группу были отобраны животные, осемененные с 1 по 15 день после вакцинации, во вторую - осемененные с 16 по 30 день после вакцинации. Контролем являлись животные, у которых период от вакцинации до осеменения составил от 31 до 60 дней. У опытных животных были изучены индекс осеменения, продолжительность сервис-периода и процент животных, плодотворно осемененных в первую охоту после вакцинации. Сравнительный анализ изученных показателей свидетельствует о том, что в первой опытной группе установлен самый большой индекс осеменения, наибольшая продолжительность сервис-периода и наименьший процент плодотворно осемененных коров. Индекс осеменения в первой опытной группе на 0,25 больше, чем во второй опытной группе и на 0,41 больше, чем в контроле. Продолжительность сервис-периода по опытным группам составила 137,7, 126,8 и 116,1 дня. Плодотворно осеменено в первую после вакцинации охоту 18,0 %, 57,6 % и 60,6 % коров соответственно. Проведя исследования, мы пришли к выводу о том, что низкие показатели воспроизводительной способности коров первой опытной группы, возможно, связаны с нарушением эмбриогенеза и имплантации эмбриона в период формирования иммунитета, что приводит к эмбриональной смертности и повторным осеменениям, что и нашло отражение у животных первой опытной группы. Животные второй опытной группы по показателям воспроизводительной способности приближались к таковым в контрольной группе.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Рентабельность молочного скотоводства во многом определяется состоянием воспроизводства стада [1-4]. Пренатальные потери, регистрируемые на ранних сроках стельности, можно обозначить как основную причину снижения воспроизводительной способности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Около 80 % этих потерь происходит до 17 дня стельности [5, 6]. Этиология пренатальных потерь у крупного рогатого скота отличается большим разнообразием и достаточно хорошо изучена. В сложных патогенетических механизмах нарушения эмбрио-фетогенеза, наряду с гормональными факторами, значительное место занимают специфические и неспецифические иммунные реакции организма [7, 8]. В настоящее время в связи с большой концентрацией поголовья на современных фермах и распространением ранее неизвестных инфекционных заболеваний крупного рогатого скота возрос объем вакцинопрофилактики животных. В схему обязательной профилактики инфекционных заболеваний крупного рогатого скота входит ежегодная вакцинация против сибирской язвы всего взрослого поголовья. Иммунитет к возбудителю сибирской язвы продолжительностью 12 месяцев формируется через 10 суток после однократного введения вакцины. Не подлежат иммунизации животные всех видов в последний месяц беременности и в течение 10 суток после родов [9]. В связи с тем, что в Российской Федерации вакцинация против сибирской язвы является обязательной для маточного поголовья, определенный научно-практический интерес представляет изучение влияния вакцинопрофилактики на показатели воспроизводительной способности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Результаты исследований, проведенные с целью решения данной проблемы, нашли отражение в научных работах ряда авторов. Было установлено, что вакцинация от сибирской язвы влияет на показатели общей неспецифической реактивности организ-

ма и воспроизводительную функцию коров. Установлены различия по оплодотворяемости коров, вакцинированных в разные физиологические периоды. Так, оплодотворяемость коров, вакцинированных в период сухостоя, составила 78,3 %, при вакцинации коров в период раннего эмбриогенеза и имплантации – 33,3 %. При осеменении коров в период формирования активного иммунитета оплодотворяемость составила 38,2 %, а через 2-4 недели после вакцинации на фоне определенной стабилизации иммунологических показателей – 57,1 % [7, 8].

Цель наших исследований: изучить влияние вакцинации на показатели воспроизводительной способности коров в период формирования иммунитета к возбудителю сибирской язвы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования проведены в 2022 году в одном из хозяйств Ставропольского края, специализирующегося на разведении крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Объектом исследований являлись коровы чернопестрой породы в возрасте 1-3 лактации (n=123), вакцинированные в ноябре 2020 и 2021 г.г. против сибирской язвы (штамм 55-ВНИИВВиМ). Для получения более достоверных результатов в опытные группы были отобраны только те животные, у которых первое осеменение происходило в период, следующий за датой вакцинации. Повторно осеменяемые в этот период животные в опыте не участвовали. Для проведения исследований были сформированы две опытные и одна контрольная группа животных. В первую опытную группу были отобраны животные, осемененные с 1 по 15 день после вакцинации (n=36), во вторую - осемененные с 16 по 30 день после вакцинации (n=26). Контролем являлись животные, у которых период от вакцинации до осеменения составил от 31 до 60 дней (n=61). На основании данных информационно-аналитической системы «СЕЛЭКС. Молочный скот» были изучены показатели воспроизводительной спо-



способности опытных животных: индекс осеменения и продолжительность сервис-периода.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Показатели воспроизводительной способности опытных животных, осемененных в разные сроки после вакцинации, представлены в таблице 1.

Сравнительный анализ изученных показателей свидетельствует о том, что в первой опытной группе установлен самый большой индекс осеменения, наибольшая продолжительность сервис-периода и наименьший процент плодотворно осемененных в первую охоту коров. У животных этой опытной группы индекс осеменения превысил значения данного показателя во второй опытной и

контрольной группах на 0,25 и 0,41. Продолжительность сервис-периода у коров напрямую зависит от индекса осеменения. В первой опытной группе продолжительность сервис-периода составила 137,7 дня, что на 10,9 дня больше, чем во второй опытной группе и на 21,6 дня больше, чем в контроле, однако эта разница не была достоверной.

Для коров молочного направления продуктивности при нормальном уровне воспроизводства стада стельность от первого осеменения должна составлять не менее 60 %. Данному параметру соответствуют только животные контрольной группы, где этот показатель составил 60,6 %, что на 42,6 % и 3,0 % больше, чем в первой и второй опытных группах.

Таблица 1  
Воспроизводительная способность опытных животных

| Группы животных | n  | Индекс осеменения | Сервис-период, дней | Плодотворно осеменено в первую охоту, % |
|-----------------|----|-------------------|---------------------|-----------------------------------------|
|                 |    | M±m               | M±m                 |                                         |
| I опытная       | 36 | 2,63±0,27         | 137,7±13,8          | 18,0                                    |
| II опытная      | 26 | 2,38±0,44         | 126,8±24,6          | 57,6                                    |
| Контроль        | 61 | 2,22±0,25         | 116,1±12,0          | 60,6                                    |

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведя исследования, мы пришли к выводу о том, что низкие показатели воспроизводительной способности коров первой опытной группы, возможно, связаны с нарушением эмбриогенеза и имплантации эмбриона в период формирования иммунитета. Это приводит к эмбриональной смертности и повторным осеменениям, что и нашло отражение у животных первой опытной группы. Животные второй опытной группы по показателям воспроизводительной способности приближались к таковым у контрольной группы.

Таким образом, осеменение коров в период с 1 по 15 день после введения вакцины против сибирской язвы увеличивает продолжительность сервис-периода и кратность осеменения, а также снижает процент плодотворно осемененных животных в первую охоту. Для уменьшения отрицательного воздействия парэнтерального введения вакцины против сибирской язвы на воспроизводительную функцию коров в хозяйствах, где используются схемы медикаментозной синхронизации эструса, необходимо проводить данные мероприятия не ранее чем через 15 дней после вакцинации.

## REPRODUCTIVE CAPACITY OF COWS AFTER ANTHRAX VACCINE

Lapina M. N. - leading researcher, PhD (biological), Kovaleva G. P. - leading researcher, PhD (Agriculture), Associate Professor; Sulyga N. V. - leading researcher PhD (biological), Vitol V. A. - senior researcher, PhD (Agriculture).

Federal State Budgetary Scientific Institution

«North Caucasian Scientific Agrarian Center»

**Acknowledgments:** The work was financially supported by the Ministry of Science and Education of the Russian Federation within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian Agrarian Research Center" (subject No. FNMU-2022-0012).

\*natadi80@mail.ru

## ABSTRACT

This article presents the results of a comparative assessment of the reproductive capacity rates of cows, which were inseminated at different time after anthrax vaccine. The studies were carried out on Black Pied cows at the age of 1-3 lactations. The first experimental group included animals, which were inseminated from the 1<sup>st</sup> to the 15<sup>th</sup> day after vaccination. The second group included cows, which were inseminated from the 16<sup>th</sup> to the 30<sup>th</sup> day after vaccination. The animals, with the period from vaccination to insemination from 31 to 60 days, were the control group. The experimental animals were studied from a perspective of the insemination index, the duration of the service period and the percentage of animals, which were productively inseminated during the first heat after vaccination. A comparative analysis of the studied characteristics indicated that the largest insemination index, the longest service period and the smallest percentage of productively inseminated cows were established in the first experimental group. The insemination index in the first experimental group was 0.25 more than in the second experimental group and 0.41 more than in the control. The duration of the service period for the experimental groups

was 137.7, 126.8 and 116.1 days. 18.0%, 57.6% and 60.6% of cows were productively inseminated during the first heat after vaccination, respectively. After doing some research, we came to the conclusion that the low reproductive capacity of cows of the first experimental group might be related to impaired embryogenesis and embryo implantation failure during the period of immune development. It was reflected in the animals of the first experimental group. In terms of reproductive capacity, animals of the second experimental group were close to the control group.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аминова А.Л. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров при различных способах содержания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-47-55.

2. Кулакова Т. В., Ефимова Л. В., Иванова О. В. Влияние способов содержания на молочную продуктивность и воспроизводительную способность коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8 (154). С. 127–132.

3. Аминова А. Л., Юмагузин И. Ф., Фенченко Н. Г., Хайруллина Н. И., Шамсутдинов Д. Х. Репродуктивный статус коров в зависимости от продуктивности и количества лактаций // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 6. С. 29–31. DOI: 10.33943/MMS.2019.6.39674.

4. Ефимова Л. В., Кулакова Т. В. Влияние различных способов содержания на воспроизводительную способность коров // Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве: сборник научных трудов. Екатеринбург, 2017. С. 194–197.

5. Алексиевич Е.А. Эмбриональная смертность как один из факторов, снижающих показатели воспроизводства в молочном скотоводстве // FARM ANIMALS. – 2015. – № 1 (8). – С. 18-21.

6. Дюльгер Г.П. Репродуктивные потери у коров в период плодonoшения // Ветеринария сельскохозяйственных жи-

вотных. – 2012. – № 11. – С. 30-35.

7. Нежданов А.Г., Мануйлов, А.В. Воспроизводительная способность и перинатальная патология у коров в связи с иммунопрофилактикой инфекционных болезней // Ветеринарная патология. – 2003. – № 2. – С. 59-61.

8. Нежданов А.Г., Мануйлов, А.В. Влияние парэнтерального введения вакцинных антигенов на воспроизводительную функцию коров // «Актуальные проблемы болезней органов размножения и молочной железы у животных», Международная научно-практическая конференция. Воронеж, 5-7 октября 2005 г. материалы конференции. – Воронеж: Европолиграфия, 2005. – С. 362-366.

9. Инструкция по применению вакцины против сибирской язвы животных из штамма 55-ВНИИВВиМ живой жидкой. Разработчик ФКП «Орловская биофабрика». Номер регистрационного удостоверения: 38-1-11.12-3323№ПВР-1-1.9/00178.

#### REFERENCES

1. Aminova A. L. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'naya sposobnost' korov pri razlichnykh sposobakh soderzhaniya [Dairy productivity and reproductive capacity of cows with different methods of maintenance]. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022; 01 (216); 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-47- 55. (In Rus.)

2. Kulakova T. V., Efimova L. V., Ivanova O. V. Vliyaniye sposobov soderzhaniya na molochnuyu produktivnost' i vosproizvoditel'nuyu sposobnost' korov [Influence of maintenance methods on milk productivity and reproductive ability of cows]. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017; 8 (154); 127–132. (In Rus.)

3. Aminova A. L., Yumaguzin I. F., Fenchenko N. G., Khayrullina N. I., Shamsutdinov D. Kh. Reproductivnyy status korov v zavisimosti ot produktivnosti i

kolichestva laktatsiy [Reproductive status of cows depending on productivity and number of lactations]. Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2019; 6; 29–31. DOI: 10.33943/MMS.2019.6.39674. (In Rus)

4. Efimova L. V., Kulakova T. V. Vliyaniye razlichnykh sposobov soderzhaniya na vosproizvoditel'nuyu sposobnost' korov [The influence of different methods of keeping on the reproductive ability of cows]. Ekologobiologicheskiye problemy ispol'zovaniya prirodnikh resursov v sel'skom khozyaystve: sbornik nauchnykh trudov. Ekaterinburg. 2017;1; 194–197. (In Rus.)

5. Olexcyevich E. Embryo mortality as one of the factors reducing reproduction in dairy husbandry. Farm animals. 2015;1(8):18-21. (In Russ.)

6. Dyulger, G. P. Reproductive losses in cows during gestation period. Selskokhozyaystvennye zhivotnye [Veterinary Medicine. Agricultural animals]. 2012; 11: 30–35. (In Russ.)

7. Nezhdanov A.G., Manujlov, A.V. Vosproizvoditel'naya sposobnost' i perinatal'naya patologiya u korov v svyazi s immunoprofilaktikoj infektsionnykh boleznej. Veterinary pathology. 2003; 2: 59-61. (In Russ.)

8. Nezhdanov A.G., Manujlov, A.V. Vliyaniye parenteral'nogo vvedeniya vaktsinnykh antigenov na vosproizvoditel'nuyu funktsiyu korov. «Aktual'nye problemy boleznej organov razmnzheniya i molochnoj zhelezy u zhivotnyh», Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. Voronezh, 5-7 oktyabrya 2005 g. materialy konferencii. 2005;1: 362-366. (In Russ.)

9. Instructions for the use of animal anthrax vaccine from strain 55-VNIIVViM live liquid. The developer of the FKP "Oryol biofactory". Registration certificate number: 38-1-11.12-3323No.PVR-1-1.9/00178 . (In Russ.)

УДК: 612.887:616-089.888.61

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.317

## ИЗМЕНЕНИЯ ГАЗОВОГО СОСТАВА И КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ КРОВИ ПРИ КЕСАРЕВОМ СЕЧЕНИИ У СОБАК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБЩЕЙ АНЕСТЕЗИИ

Садоведов К.П. – главный врач клиники «Алисавет» г. Москва,  
Нечаев А.Ю. – д.вет.н., доцент, заведующий кафедрой общей, частной и оперативной хирургии.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

\*netschajew@yandex.ru

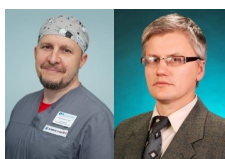
**Ключевые слова:** анестезия, пропофол, изофлуран, севофлуран, газы крови, кесарево сечение

**Key words:** anesthesia, propofol, isoflurane, sevoflurane, blood gases, caesarean section

Поступила: 04.05.2023

Принята к публикации: 20.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Целью проведенных исследований являлось сравнение и оценка влияния различных протоколов анестезии при оперативном родоразрешении у собак. Исследования были выполнены на 60 беременных суках разных пород в возрасте от 2 до 6 лет, со средней массой  $22 \pm 4,6$  кг. Животные были разделены на три группы, по 20 в каждой.

Животным первой группы для введения и поддержания общей анестезии использовали Пропофол в дозе 4-6 мг/кг. Животные второй и третьей групп вводились в анестезию с помощью ингаляционных анестетиков через маску, затем проводилась интубация трахеи и поддержание общей анестезии обеспечивалось наркозно-дыхательным аппаратом. Во второй группе в качестве основного анестетика использовали Изофлуран 0,5 – 2,0 об% в третьей группе Севофлуран 1,0 – 2,0 об%. Самое меньшее воздействие оказывал севофлуран, минимально отклоняя исследуемые показатели от исходных данных. Наибольшие изменения всегда наблюдались при введении в анестезию проявляясь в виде умеренной и выраженной гипоксемии и гиперкапнии. Анализируя полученные данные нами сделан вывод о предпочтительном использовании ингаляционных анестетиков изофлурана и, в особенности, севофлурана, при проведении кесарева сечения ввиду их менее выраженного влияния на показатели газового состава и кислотно-основного состава крови.

### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одной из самых часто выполняемых операций для родоразрешения, в ветеринарной хирургии, является кесарево сечение. Оно часто проводится как экстренная операция, когда животное утомлено долгими и безрезультатными родами или

планово, на основании клинических показаний. Целью общей анестезии при кесаревом сечении является адекватная аналгезия и миорелаксация при минимальном воздействии подобных препаратов на плод [1,2]. Физиологические изменения, происходящие в организме самки, при

беременности также должны учитываться при выборе анестезиологического протокола. Практически все препараты для наркоза беспрепятственно преодолевают плацентарный барьер поэтому, при подборе анестезиологического протокола для кесарева сечения необходимо помнить, что угнетающее действие анестезии будет уравниваться между материнским организмом и плодами. Для сохранения жизни плодов необходимо избегать гипоксии и гипотензии матери, поддерживать нормальную температуру, оксигенацию и вентилиацию [3,9].

Для адекватной оценки состояния животного, во время оперативного родоразрешения, важен постоянный мониторинг клинических показателей, однако, более достоверные сведения о степени угнетения организма общей анестезией можно получить при анализе газового состава и кислотно-основного состояния крови [4,5,6].

За многолетний опыт ветеринарной практики отечественными и зарубежными специалистами были выработаны основные принципы использования средств для наркоза при кесаревом сечении: использование анестетиков короткого действия с возможностью реверсии, использование пониженных доз анестетиков, обеспечение короткой продолжительности анестезии до появления плодов [9]. Использование ингаляционных средств для наркоза многие специалисты считают предпочтительным ввиду легкой управляемостью глубиной анестезии, её стабильностью и минимумом побочных эффектов [7,8,10,11].

Целью настоящего исследования являлось сравнение газового состава и кислотно-основного состояния крови при проведении кесарева сечения с использованием разных средств общей анестезии.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

Исследования были выполнены на 60 беременных суках разных пород в возрасте от 2 до 6 лет, со средней массой  $22 \pm 4,6$  кг. Животные были разделены на три группы, по 20 в каждой. После осмот-

ра и подготовки всем собакам проводили плановое кесарево сечение, выполняемое одним и тем же хирургом, продолжительностью от 30 до 40 минут. Для премедикации использовали атропин (0,02-0,04 мг/кг) после чего устанавливался внутривенный катетер в латеральную подкожную вену грудной конечности. Затем животные подвергались пятиминутной преоксигенации через маску 100% кислородом и инфузионной терапии лактатом Рингера 5 мл/кг/ч. Животным первой группы для введения и поддержания наркоза внутривенно медленно вводили пропופол в дозе 4-6 мг/кг. Животные второй и третьей групп вводились в состояние наркоза с помощью ингаляционных средств через маску, затем проводилась интубация трахеи и поддержание общей анестезии обеспечивалось наркозно-дыхательным аппаратом. Во второй группе в качестве основного препарата для ингаляционного наркоза использовали изофлуран 0,5 – 2,0 об% в третьей группе севофлуран 1,0 – 2,0 об%. Также животным всех групп проводили эпидуральную анестезию лидокаином 2% 2 мг/кг. Непосредственно перед, во время и после родоразрешения у подопытных животных производилось взятие артериальной крови из бедренной артерии для определения её газового состава и кислотно-основного состояния с помощью портативного газоанализатора I-STAT, для которого использовали одноразовые картриджи CG4+ (95мкл). Уровень насыщения крови кислородом постоянно отслеживали оксигемометрическим методом с помощью пульсоксиметра. Все полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке, для каждого параметра находилось среднее значение и стандартное отклонение, которые сравнивались с исходными данными. Результаты считались достоверными при  $p < 0,05$ .

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS**

Анализируя динамику показателя оксигенации, представленную на рисунке 1, можно судить о насыщении крови кислородом на всем протяжении оперативно-



го родоразрешения. Этот показатель, во всех группах имел тенденцию к снижению, особенно на этапе введения и поддержания анестезии, а затем постепенно возвращался к дооперационным значениям на этапе вывода из общей анестезии. Самое значительное изменение было зарегистрировано в первой группе после внутривенного введения пропофола. Достоверное уменьшение оксигенации было отмечено на этапе введения в анестезию на 7,2% и на 10-й минуте поддержания анестезии максимальное снижение на

10,2% от исходного уровня. На 20-й минуте достоверное отличие, от исходных данных, составляло 5,1% и в дальнейшем, на этапе вывода постепенно сравнялось с исходным уровнем. При использовании ингаляционных средств для наркоза только в группе, где анестезия поддерживалась изофлураном было выявлено достоверное снижение сатурации на 10-й минуте - 4,9% от исходного уровня. В группе животных, где использовали севофлуран достоверных изменений этого показателя не выявлено.

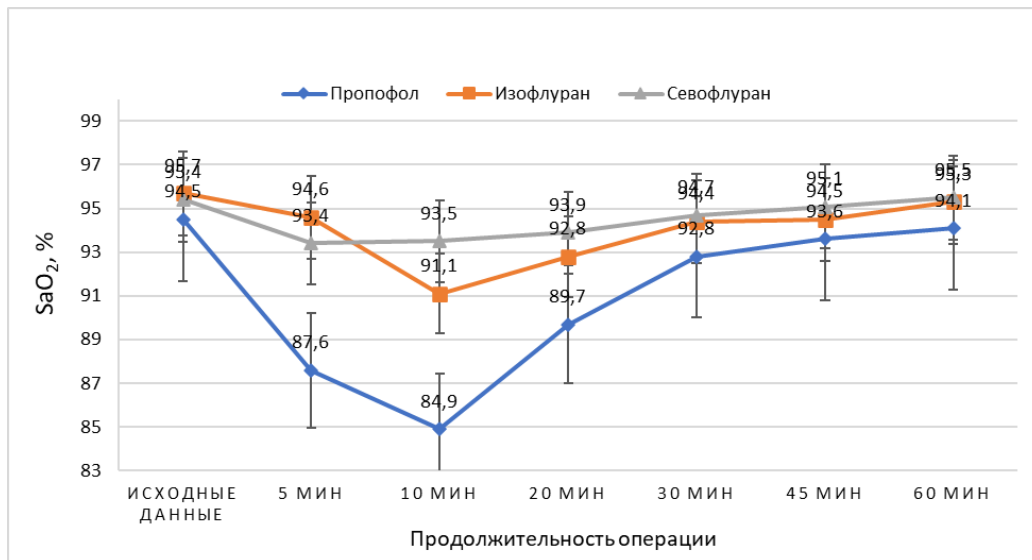


Рис. 1 – Динамика сатурации крови при выполнении кесарева сечения

Если сатурация позволяет косвенно судить о насыщении крови кислородом, то такой показатель как парциальное давление кислорода в артериальной крови является более достоверным показателем насыщения крови кислородом и определяется как давление кислорода, необходимое для удержания в крови растворенного кислорода. В норме величина этого показателя лежит в диапазоне от 90 до 100 мм рт. ст. и зависит от высоты нахождения над уровнем моря, возраста и функциональной активности легких. На рисунке 2 можно отследить динамику этого показателя при проведении кесарева сечения.

Самое значительное падение от исходного уровня, было зарегистрировано в первой опытной группе, где использовали пропофол, с  $91,6 \pm 3,1$  мм рт. ст. перед введением в анестезию, до  $74,8 \pm 2,6$  мм рт. ст. на этапе введения или на 18,4% от исходного уровня. Затем это показатель поднялся до  $83,6 \pm 3,4$  мм рт. ст. на этапе поддержания анестезии что, по всей видимости, свидетельствует об адаптационной реакции организма и вернулся к показателям исходного уровня на момент вывода из общей анестезии. В группах, где использовали ингаляционные средства для наркоза, также было выявлено снижение

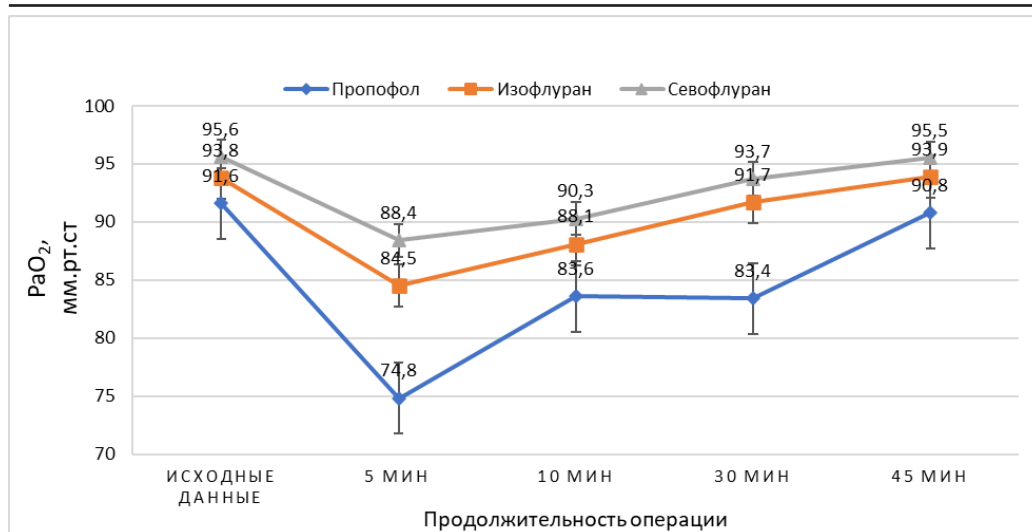


Рис. 2 – Динамика парциального давления кислорода в крови при выполнении кесарева сечения

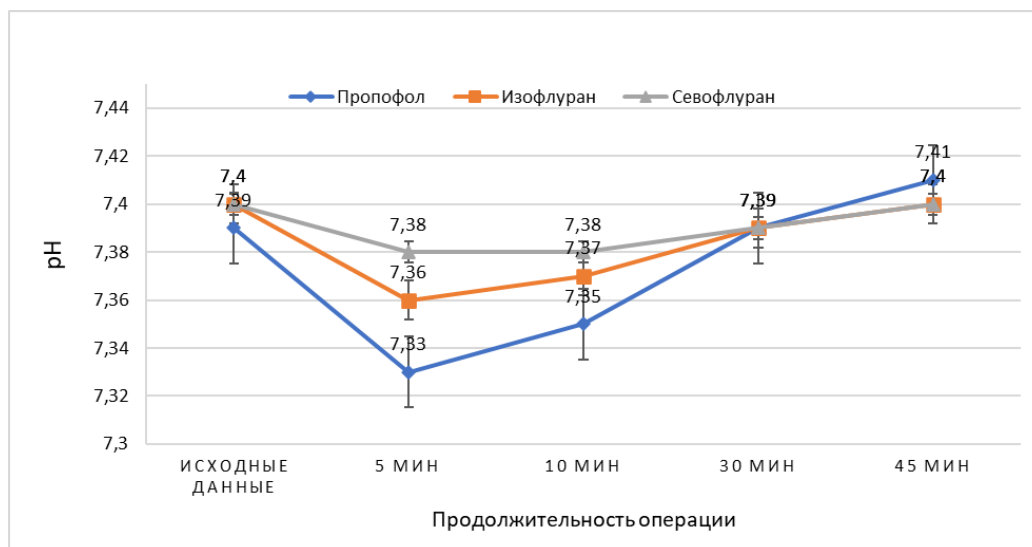


Рис. 3 – Динамика pH крови при выполнении кесарева сечения

парциального давления кислорода в артериальной крови, но не такое значительное как первой группе. На изофлуране, снижение от исходных данных, составило 10% на этапе введения и 6,1% на 10-й минуте общей анестезии. При использовании севофлурана данный показатель изменялся на 7,6% и 5,6% соответствен-

но. На последующих этапах поддержания общей анестезии данные не имели достоверных отличий и возвращались к исходному уровню на момент вывода из анестезии.

Показатель pH крови оценивали как индикатор способности поддержания гомеостаза при проведении оперативного

родоразрешения на разных протоколах анестезии. Его динамика представлена на рисунке 3. Во всех группах была отмечена тенденция к смещению данного показателя в кислую сторону при проведении анестезии. Однако только в группе, где использовали пропофол, было выявлено достоверное изменение этого показателя с  $7,39 \pm 0,02$  до  $7,33 \pm 0,03$  на этапе введения в анестезию. Во второй и третьей группах также отмечена тенденция к ацидозу, однако достоверных различий с исходными данными выявлено не было. Величина pH на всем протяжении анестезии оставалась в пределах референтных значений.

Для комплексной оценки легочного газообмена и вентиляции отслеживали динамику такого показателя как парциальное давление углекислого газа в крови. Анализируя динамику этого показателя, представленную на рисунке 4, во время проведения кесарева сечения, отмечена тенденция к его увеличению во всех опытных группах. Самое значительное увеличение было отмечено в первой группе, где величина  $P_{aCO_2}$  до введения в

анестезию составляла  $40,3 \pm 1,7$  мм рт.ст., на этапе введения повысилась до  $49,3 \pm 2,8$  мм рт.ст. а затем на этапе поддержания достигла  $47,4 \pm 2,4$  мм рт.ст. отличаясь от исходных данных на 22,3% и 17,6% соответственно. На последующих этапах достоверных отличий от исходных данных не выявили. Менее резкие изменения зарегистрировали во второй опытной группе, где использовали изофлуран. Там динамика парциального давления углекислого газа на этапе введения в анестезию отличалась от исходных данных на 18,1%, а на 10-й минуте поддержания на 14,3%. Минимальные изменения исследуемого показателя были отмечены в группе, где в качестве основного средства для наркоза животные получали севофлуран. Достоверное увеличение этого показателя выявили при введении в анестезию на 9,4% от исходного уровня. При поддержании анестезии, на 10-й минуте, от исходных значений различие составляло 6,2%. На этапе выведения из наркоза, этот показатель приблизился к дооперационным значениям.

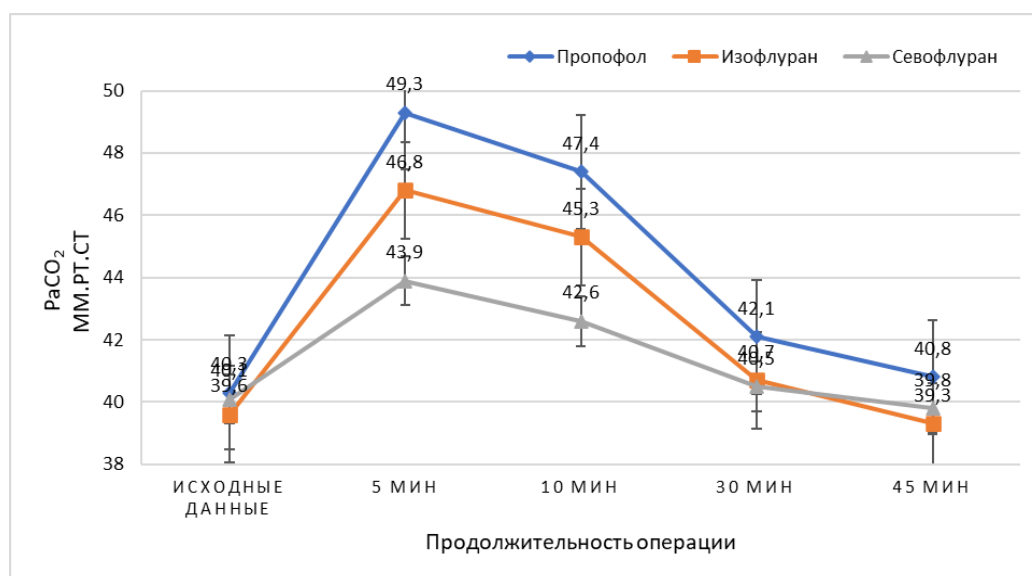


Рис. 4 – Динамика парциального давления углекислого газа в крови при выполнении кесарева сечения

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенные исследования по сравнению трех способов поддержания общей анестезии при проведении кесарева сечения, и их влияния на показатели газового состава и кислотно-основного состояния крови показали, что более выраженные изменения наблюдались в группе, где использовали внутривенный анестетик пропофол. Ингаляционные средства для наркоза изофлуран и севофлуран оказывали менее выраженное влияние на газы крови собак, подвергнутых оперативному родоразрешению. Самое меньшее воздействие оказывал севофлуран, минимально отклоняя исследуемые показатели от исходных данных. Наибольшие изменения всегда наблюдались при введении в анестезию проявляясь в виде умеренной и выраженной гипоксемии и гиперкапнии. Анализируя полученные данные, нами сделан вывод о предпочтительном использовании ингаляционных средств для наркоза изофлурана и, в особенности, севофлурана, при проведении кесарева сечения ввиду их менее выраженного влияния на показатели газового состава и кислотно-основного состава крови.

## THE GAS COMPOSITION AND ACID-BASE STATE OF BLOOD CHANGES DURING CESAREAN SECTION IN DOGS WITH DIFFERENT METHODS OF GENERAL ANESTHESIA

**Sadovedov K.P.** - doctor of the clinic "Alisavet", Moscow, **Nechaev A.J.** – Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of General, Private and Operative Surgery "St. Petersburg State University of Veterinary Medicine"

\*netschajew@yandex.ru

## ABSTRACT

The purpose of the studies was to compare and evaluate the effect of different anesthesia protocols for operative delivery in dogs. The studies were performed on 60 pregnant females of different breeds aged 2 to 6 years, with an average weight of  $22 \pm 4.6$  kg. Animals were divided into three groups, 20 in each. Animals of the first group for the introduction and maintenance of general anesthesia used Propofol at a dose

of 4-6 mg/kg. Animals of the second and third groups were introduced into anesthesia using inhalation anesthetics through a mask, then tracheal intubation was performed and general anesthesia was maintained by an anesthetic-respiratory apparatus. In the second group, Isoflurane 0.5 - 2.0 vol% was used as the main anesthetic; in the third group, Sevoflurane 1.0 - 2.0 vol%. Sevoflurane had the least impact, minimally deviating the studied parameters from the original data. The greatest changes were always observed when administered to anesthesia, manifesting as moderate and severe hypoxemia and hypercapnia. Analyzing the data obtained, we concluded that the use of inhalation anesthetics isoflurane and, in particular, sevoflurane, during caesarean section is preferable due to their less pronounced effect on gas composition and acid-base blood composition.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Племяшов, К. В. Ветеринарная фармация лошадей: учебное пособие / К. В. Племяшов, А. М. Лунегов, В. С. Понамарев; К.В. Племяшов, А.М. Лунегов, В.С. Понамарев. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – 83 с.
2. Лекарственные средства, с преимущественным действием на центральную нервную систему: учебно-методическое пособие по ветеринарной фармакологии для студентов факультета ветеринарной медицины / А. М. Лунегов, Н. Л. Андреева, В. А. Барышев [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. – 55 с.
3. Бетшарт-Вольфенсбергер, Р. Ветеринарная анестезиология: учебное пособие / Р. Бетшарт-Вольфенсбергер, А.А. Стекольников, А.Ю. Нечаев. // СПб. Спец.лит, 2010. 270 с.
4. Нечаев, А.Ю. К возможности коррекции нарушений дыхания у животных при использовании общих анестетиков и седативных препаратов/ А.Ю. Нечаев // Материалы 54-й научной конференции моло-

дых ученых и студентов: СПбГАВМ. СПб. 2000. С.65–66.

5. Нечаев, А.Ю. Методика определения состояния вентиляции и кровотока у животных с помощью оксигеметрии / А.Ю. Нечаев // Материалы 54-й научной конференции молодых ученых и студентов: СПбГАВМ. СПб, 2000. С. 64–65.

6. Полябин, С. В. Динамика изменения кислотно-основного и газового состава крови при проведении лапароскопических операций у собак / С. В. Полябин, Н. И. Шумаков // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2014. – № 7. – С. 28-33.

7. Полябин, С. В. Ингаляционная анестезия при тяжелых хирургических операциях / С. В. Полябин, Ю. И. Филиппов, В. С. Старынина // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 42-2. – С. 186-189.

8. Сидорова, К.А. Физиологическое обоснование ингаляционной анестезии животных / К. А. Сидорова, О. А. Драгич, Т. А. Юрина [и др.] // Научная жизнь. – 2018. – № 12. – С. 189-196.

9. Wiebe, V. J., & Howard, J. P. (2009). Pharmacologic Advances in Canine and Feline Reproduction. Topics in Companion Animal Medicine, 24(2), 71–99.

10. Журба, В. А. Применение препарата "Анестол 1%" для анестезии у собак / В. А. Журба, И. А. Ковалев // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 2. – С. 37-41.

11. Фатеева, Е. И. Общие принципы анестезии и аналгезии лабораторных животных / Е. И. Фатеева, А. С. Чернов, Г. Б. Телегин // Международный вестник ветеринарии. – 2014. – № 2. – С. 97-103. – EDN SFLHSZ.

## REFERENCES

1. Plemiashov K V Veterinarnaia farmatsiia loshadei uchebnoe posobie K V Plemiashov A M Lunegov V S Ponamarev K V Plemiashov A M Lunegov V S Ponamarev Cankt-Peterburg Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet veterinarnoi meditsiny 2021 83 s

2. Lekarstvennye sredstva s preimushchestvennym deistviem na tsentralnuiu

nervnuu sistemu uchebno-metodicheskoe posobie po veterinarnoi farmakologii dlia studentov fakulteta veterinarnoi meditsiny A M Lunegov N L Andreeva V A Baryshev [i dr ] Cankt-Peterburg Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet veterinarnoi meditsiny 2020 55 s

3. Betshart-Volfensberger R Veterinarnaia anesteziologiya uchebnoe posobie R Betshart -Volfensberger A A Stekolnikov A IU Nechaev SPb Spets lit 2010 270 s

4. Nechaev A IU K vozmozhnosti korrektsii narushenii dykhaniia u zhivotnykh pri ispolzovanii obshchikh anestetikov i sedativnykh preparatov A IU Nechaev Materialy 54-i nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh i studentov SPbGAVM SPb 2000 S 65 66

5. Nechaev A IU Metodika opredeleniia sostoiianiia ventiliatsii i krovotoka u zhivotnykh s pomoshchiu oksigemetrii A IU Nechaev Materialy 54-i nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh i studentov SPbGAVM SPb 2000 S 64 65

6. Poziabin S V Dinamika izmeneniia kislотно-osnovnogo i gazovogo sostava krovi pri provedenii laparoskopicheskikh operatsii u sobak S V Poziabin N I SHumakov Veterinariia zootekhnii i biotekhnologiya 2014 7 S 28-33

7. Poziabin S V Ingaliatsionnaia anesteziia pri tiazhelykh khirurgicheskikh operatsiiakh S V Poziabin IU I Filippov V S Starynina Izvestiia Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniia 2018 42-2 S 186-189

8. Sidorova K A Fiziologicheskoe obosnovanie ingaliatsionnoi anestezii zhivotnykh K A Sidorova O A Dragich T A IUrina [i dr ] Nauchnaia zhizn 2018 12 S 189-196

9. Wiebe V J Howard J P 2009 Pharmacologic Advances in Canine and Feline Reproduction Topics in Companion Animal Medicine 24 2 71 99

10. ZHurba V A Primenenie preparata Anestofol 1 dlia anestezii u sobak V A ZHurba I A Kovalev Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii 2018 2 S 37-41

11. Fateeva E I Obshchie printsipy anestezii i analgezii laboratornykh zhivotnykh E I Fateeva A S Chernov G B Telegin Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii 2014 2 S 97-103 EDN SFLHSZ



УДК: 636.39.034

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.324

## ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КРОВИ В ПРЕДСЛУЧНОЙ ПЕРИОД У КОЗЛОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ ПОЛОВЫХ РЕФЛЕКСОВ В СЕЗОН РАЗМНОЖЕНИЯ

Лейбова В.Б. \* – к. биол. н., ст. науч. сотр. отдела воспроизводства

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (ВНИИГРЖ)

\*leib1406@yandex.ru

**Ключевые слова:** зааненские козлы, биохимия крови, половое поведение.

**Key words:** Saanen male goats, blood biochemistry, sexual behavior

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания № 0445-2021-0011

Поступила: 20.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Биохимический анализ сыворотки крови является ценным диагностическим инструментом для оценки метаболического статуса и состояния здоровья животных. По сравнению с самками взаимосвязь между биохимическими компонентами сыворотки крови козлов и эффективностью их репродуктивной системы изучена недостаточно. Цель работы – определение биохимического профиля крови перед началом и на пике случного сезона у козлов зааненской породы с различиями в проявлении полового поведения. Отбор проб крови животных проводили дважды: до начала случного сезона (4-я неделя июля) и на пике сезона разведения (4-я неделя сентября). В сыворотке крови определяли концентрацию общего белка, альбумина, мочевины, креатинина, глюкозы, общего холестерина, общего билирубина, а также активность ферментов: аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ) и щелочная фосфатаза (ЩФ). В конце периода наблюдений животные были разделены на группы: группа I (n=10) – козлы с полноценным проявлением половых рефлексов при взятии спермы и группа II (n=6) – особи с частичным проявлением половых рефлексов. Биохимический профиль крови имел ряд особенностей у козлов с различиями в проявлении полового поведения. На пике сезона размножения в группе I по сравнению с группой II в крови животных увеличилась концентрация креатинина, триглицеридов и общего билирубина на 37,4%, 170%, 48,3% соответственно (по крайней мере  $p<0,05$ ).

В предслучной период содержание общего билирубина в крови в группе II было на 63,9% выше, чем в группе I ( $p<0,01$ ) и на 12,1% превышало верхнюю границу референтного интервала. Предполагаем, что повышение концентрации общего билирубина в крови козлов в предслучной период выше границы референтного интервала негативно связано с полноценным проявлением половых рефлексов в сезон размножения.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Биохимический состав крови, отражающий метаболический статус животного, позволяет не только оценить нарушение функции органов и тканей [6], но также охарактеризовать процесс адаптации при смене физиологического периода и показать его влияние на последующую репродукцию [3]. К важнейшим составляющим репродуктивной функции относится половое поведение. Его полноценная реализация осуществляется при соответствующем уровне половых гормонов в крови, в частности, тестостерона у самцов. На концентрацию сывороточного тестостерона оказывает влияние ряд факторов, в том числе снижение функциональной способности печени [9]. Определение стандартного биохимического профиля крови позволяет оценить работу основных органов и систем организма и выявить негативные процессы до наступления периода размножения. У козлов-производителей информация по биохимическим показателям крови показана в значительно меньшем объёме по сравнению с козами и чаще всего представлена в сравнительном аспекте (козы-козлы) [7] или применительно к частоте получения спермы, её качеству и особенностям кормления в случной сезон [8, 10]. Целью нашего исследования было определение биохимического профиля крови перед началом и на пике случного сезона у козлов-производителей в связи с различиями в проявлении полового поведения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Работа была проведена в 2021 году на животных зааненской породы племенного хозяйства Ленинградской области. Объектом исследования служили козлы-производители в возрасте от трёх до семи лет ( $n=16$ ) без проявления клинических признаков заболеваний. Сперму получали в искусственную вагину, при этом для стимуляции половых рефлексов использовали козу в охоте. От самцов получали 2-3 двоядных эякулята в неделю. По окончании периода наблюдения животные были разделены на две группы: груп-

па I ( $n=10$ ) – самцы с полноценным проявлением половых рефлексов при взятии спермы, группа II ( $n=6$ ) – особи с частичным проявлением половых рефлексов: отсутствие совокупительного рефлекса и рефлекса эякуляции при попытке получения спермы (67% самцов не показали совокупительного рефлекса, у 23% отсутствовал рефлекс эякуляции). Кровь для проведения биохимических исследований отбирали двукратно: перед началом случного сезона (4-я неделя июля) и в его наиболее активную стадию (4-я неделя сентября). В сыворотке крови определяли концентрацию общего белка, альбумина, мочевины, креатинина, глюкозы, общего холестерина, общего билирубина и активность ферментов аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ) и щелочная фосфатаза (ЩФ). Лабораторные исследования были проведены на автоматическом анализаторе «VitaLine 200» фирмы «Витал Девелопмент Корпорэйшн», (Россия) с использованием реагентов фирмы «Витал Девелопмент Корпорэйшн» (Россия). Результаты исследований обрабатывали методом однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA) и однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями (One Way Repeated Measures Analysis of Variance) при помощи программы SigmaPlot 12,5 (SystatSoftware, Inc., США).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Сравнительный анализ выявил некоторые особенности в изменении биохимического профиля крови, а также выявил различия по отдельным его показателям у козлов с различным проявлением полового поведения (таблица 1). Установлено, что концентрация общего белка возросла в обеих группах (на 5,2% и 4,8% соответственно,  $p<0,05$ ), но в группе I в большей степени за счёт альбуминовой фракции (на 4,3%,  $p<0,05$ ). Концентрация креатинина в крови на пике сезона размножения увеличилась только у самцов с полноценным проявлением половых рефлексов (на 37,4%,  $p<0,01$ ). Уровень мочевины пока-

зал сходные значения за рассматриваемый временной период в обеих группах, но к 4-ой неделе сентября выявлена тенденция к более высокому содержанию мочевины в крови у козлов с низким проявлением половой активности ( $p=0,07$ ).

Из показателей жирового обмена за анализируемый период установлен подъём концентрации триглицеридов в крови: в группе I на 170% ( $p<0,05$ ), в группе II на 96,3%, но в последнем случае рост не был статистически достоверен из-за высокой вариабельности этого показателя на пике случного сезона. Содержание общего холестерина в крови в обеих группах имело сходные величины и не изменялось на протяжении двух месяцев наблюдений. Однако его уровень был ниже границы референтных интервалов (РИ) (на 27,6% и 38,2% соответственно) [1]. В ряде исследований также показано меньшее содержание холестерина в сыворотке крови козлов (ниже границы РИ) по сравнению

с самками [2, 5]. ЩФ в предслучной период имела тенденцию к более высокой активности в группе II по сравнению с группой I (на 61%,  $p=0,08$ ). К окончанию периода наблюдений (4-я неделя сентября) содержание общего билирубина в крови увеличилась (на 48,3%,  $p<0,01$ ) только у особей с активным проявлением полового поведения (гр. I) и достигло в этот период верхней границы РИ.

У самцов с неполным проявлением половых рефлексов (гр. II) этот показатель не изменялся, но был изначально выше верхней границы РИ (на 12,1%). Показано, что даже небольшое превышение концентрации общего билирубина относительно его «нормы» сопряжено с нарушениями в работе печени и может приводить к негативным изменениям гормонального фона, что, например, у коров сопровождается депрессией овариальной активности яичников [4].

**Таблица 1**  
**Биохимический профиль крови у козлов-производителей**  
**с различным проявлением половых рефлексов**

| Показатели                | Группа I (n=10)          |                           | Группа II (n=6)          |                          |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                           | Предслучной сезон        | Пик случного сезона       | Предслучной сезон        | Пик случного сезона      |
| Глюкоза, ммоль/л          | 3,15 ± 0,08              | 3,03 ± 0,13               | 3,36 ± 0,18              | 2,99 ± 0,07              |
| Общий белок, г/л          | 69,9 ± 1,13              | 73,6 ± 0,9 *              | 71,1 ± 2,0               | 74,5 ± 1,8*              |
| Альбумин, г/л             | 30,1 ± 0,7               | 31,4 ± 0,3 * <sup>c</sup> | 29,7 ± 0,9               | 30,5 ± 0,6 <sup>d</sup>  |
| Мочевина, ммоль/л         | 5,62 ± 0,58              | 5,95 ± 0,71 <sup>c</sup>  | 6,42 ± 1,13              | 7,13 ± 0,18 <sup>d</sup> |
| Креатинин, мкмоль/л       | 85,1 ± 4,7               | 117 ± 6,7 ***             | 90,0 ± 8,0               | 106 ± 8                  |
| Триглицериды, ммоль/л     | 0,125 ± 0,017            | 0,338 ± 0,082 *           | 0,166 ± 0,028            | 0,326 ± 0,108            |
| Общий холестерин, ммоль/л | 1,06 ± 0,10              | 1,05 ± 0,11               | 1,23 ± 0,23              | 1,12 ± 0,21              |
| Общий билирубин, мкмоль/л | 2,96 ± 0,22 <sup>a</sup> | 4,39 ± 0,13 **            | 4,85 ± 0,49 <sup>b</sup> | 4,82 ± 1,11              |
| АСТ, ед/л                 | 84,7 ± 5,5               | 111 ± 0,13 *              | 76,7 ± 7                 | 102,8 ± 5,9**            |
| АЛТ, ед/л                 | 16,6 ± 1,5               | 19,5 ± 2,5 #              | 16,4 ± 3,6               | 20,4 ± 3,5               |
| ЩФ, ед/л                  | 46,4 ± 10,1 <sup>c</sup> | 87,1 ± 13,9 **            | 74,7 ± 18,4 <sup>d</sup> | 96,1 ± 12,5*             |

Примечание. Различия внутри групп: \* $p<0,05$ ; \*\* $p<0,01$ ; \*\*\* $p<0,001$ ; #  $p<0,1$ .  
Различия между группами: <sup>a,b</sup> $p<0,01$ ; <sup>c,d</sup> $p<0,1$ .

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

1. У козлов-производителей, проявивших полноценный комплекс половых рефлексов, были установлены значительные изменения биохимического профиля крови между конечной стадией предслучного периода и наиболее активной фазой сезона размножения (по семи показателям из одиннадцати). У самцов с частичным отсутствием половых рефлексов статистически значимые изменения установлены только по трём показателям крови.

2. В предслучной период превышение концентрации общего билирубина в крови самцов верхней границы референтного интервала (на 12,1%) негативно связано с полноценным проявлением половых рефлексов в сезон размножения.

Предполагаем, что определение биохимических показателей крови до начала случного периода может служить дополнительным критерием в оценке репродуктивного потенциала самцов, а также позволит провести коррекцию рациона до наступления сезона размножения.

## FEATURES OF THE BIOCHEMICAL PROFILE OF BLOOD IN THE PRE-MATING PERIOD IN BREEDING MALE GOATS WITH DIFFERENT MANIFESTATIONS OF SEXUAL REFLEXES IN THE BREEDING SEASON.

**Leibova V.B.** - Researcher, Reproduction Department, *Russian Research Institute for Farm Animal Genetics and Breeding* – Branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (RRIFAGB), St. Petersburg, Pushkin, Russia

**Acknowledgments:** The work was carried out within the framework of State Assignment No. 0445-2021-0011

## ABSTRACT

Serum biochemical analysis is a valuable diagnostic tool to evaluate the metabolic and health status of animals. Compared with females, the relationship between biochemical components of blood and the effectiveness of the male reproductive system have been poorly understood. The aim of the work was to determine the biochemical blood profile before the start and at the peak of the breeding season in male Saanen goats with

differences in the manifestation of sexual behavior. Blood sampling from animals ( $n = 16$ ) was carried out twice: before the start of the breeding season (4th week of July) and at the peak of the breeding season (4th week of September). In the blood serum, the concentration of total protein, albumin, urea, creatinine, glucose, total cholesterol, total bilirubin was determined, as well as the activity of enzymes: aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and alkaline phosphatase (ALP). At the end of the observation period, the animals were divided into groups: group I ( $n=10$ ) - males with a full manifestation of sexual reflexes when taking sperm and group II ( $n=6$ ) - individuals with incomplete manifestation of sexual reflexes. The biochemical profile of blood had features in males with differences in the manifestation of sexual behavior. At the peak of the breeding season in group I compared to group II in the blood of animals, the concentration of creatinine, triglycerides and total bilirubin increased by 37.4%, 170%, 48.3%, respectively (at least  $p<0.05$ ). Before the mating period, the content of total bilirubin in the blood in group II was 63.9% higher than in group I ( $p<0.01$ ) and 12.1% higher than the upper limit of the reference interval. We assume that an increase in the concentration of total bilirubin in the blood of males in the pre-mating period above the boundary of the reference interval is negatively associated with the full manifestation of sexual reflexes in the breeding season.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Аксенова, П. В. Биология репродукции коз: Монография / П. В. Аксенова, А. М. Ермаков. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Издательство «Лань», 2015. - 272 с.- ISBN 978-5-8114-1922-7.
- Горшкова, Н. В. Морфологический, биохимический и гормональный состав крови козлов зааненской породы в период наступления половой и физиологической зрелости / Н. В. Горшкова, М. А. Багманов, М. А. Сергеев // Ученые записки казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2014. -Т. 218. - №. 2. - С. 69-75. - EDN:

SEXZIV.

3. Лейбова, В.Б. Значение биохимических показателей крови в раннюю лактацию в прогнозировании воспроизводительной способности у молочных коз в последующем сезоне разведения / В. Б. Лейбова, М. В. Позовникова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. - № 3. - С. 68-71. - DOI: 10.31857/S2500262722030139.
4. Соломахин, А. А. Показатели работы печени в послеотельный период у коров с депрессией овариальной функции в первую и последующие лактации / А.А. Соломахин, А.А. Смекалова, И.Ю. Лебедева // Зоотехния. - 2020. - № 12. - С. 20-25.
5. Çelik, Ö. Y. Effect of sex on some biochemical and hematological parameters in healthy boer x hair goat crossbreed / Ö. Y. Çelik, İ. R. A. K. Kıvanç, G. Akgül // [Kocatepe Veterinary Journal]. - 2019. - V. 2 (1). - P. 45-51. - DOI: 10.30607/kvj.471174.
6. Gonzalez, F.D. Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in highyielding dairy cows / F.D. Gonzalez, R. Murino, V. Pereira, R. Campos, J.L. Benedito // [J. Vet. Sci.]. - 2011. - V. 2. - P.251-255. - DOI: 10.4142/jvs.2011.12.3.251.
7. Karaşahin, T. Serum cholesterol levels in Hair goats of Aksaray Region / T. Karaşahin, N. H. Aksoy, A. E. Haydardedeoglu, S. Dursun, G. Bulut, G. Çamkerten, R. İlgin // [Indian Journal of Animal Research]. - 2019. - V. 53(1). - P. 63-66. - DOI:10.18805/ijar.B-878.
8. Krishnan, B. B. Dietary boron supplementation enhances sperm quality and immunity through influencing the associated biochemical parameters and modulating the genes expression at testicular tissue / B. Krishnan, S. Selvaraju, N. K. S. Gowda, K. B. Subramanya, D. SuPal, S. Archana, R. Bhatta // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2019. - V/ 55/ - P. 6-14. - DOI: 10.1016/j.jtemb.2019.05.004.
9. Mody, A. Relevance of low testosterone to non-alcoholic fatty liver disease / D. White, F. Kanwal, J. M. Garcia // Cardiovascular endocrinology. – 2015. – T. 4. – №. 3.

– C. 83. DOI: 10.1097/XCE.0000000000000057.

10. Wang, X. Effects of dietary protein level and semen collection frequency on serum biochemical parameters and reproductive hormones of Cashmere goat bucks. Journal of Northwest A & F / X. Wang, Y. Lei, B. Li, Y. Chen, Y. Yang // University-Natural Science Edition. - 2016. - V. 44(12). - P. 45-50.

REFERENCES

1. Aksenova, P. V. Biology of goat reproduction: Monograph / P. V. Aksenova, A. M. Ermakov. - Saint Petersburg; Moscow; Krasnodar: Lan Publishing House, 2015. -272 p.- ISBN 978-5-8114-1922-7. (In Russ.)
2. Gorshkova, N.V., Bagmanov M.A, Sergeev M.A. Morphological, biochemical and hormonal composition of the blood of Saanen goats during the onset of puberty and physiological maturity // Uchenye zapiski Kazanskaya State Academy of Veterinary Medicine. NE Bauman. - 2014. -T. 218. - №. 2. - P. 69-75. -EDN: SEXZIV. (In Russ.)
3. Leibova, V.B. The value of blood biochemical parameters in early lactation in predicting the reproductive ability of dairy goats in the next breeding season / V. B. Leibova, M. V. Pozovnikova // Russian Agricultural Science. - 2022. - No. 3. - P. 68-71. - DOI: 10.31857/S2500262722030139. (In Russ.)
4. Solomakhin, A.A. Indicators of liver function in the postpartum period in cows with depression of ovarian function in the first and subsequent lactations / A.A. Solomakhin, A.A. Smekalova, I.Yu. Lebedeva // Zootechnics. - 2020. - №12. - P. 20-25. (In Russ.)
5. Zelik, Ö. Y. Effect of sex on some biochemical and hematological parameters in healthy boer x hair goat crossbreed / Ö. Y. Çelik, İ. R. A. K. Kıvanç, G. Akgül // [Kocatepe Veterinary Journal]. - 2019. - V. 2 (1). - P. 45-51. - DOI: 10.30607/kvj.471174.
6. Gonzalez, F.D. Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in highyielding dairy cows / F.D. Gonzalez, R. Murino, V. Pereira, R. Campos, J.L. Benedito // [J.



- Vet. Sc.]. - 2011. - V. 2. - R.251-255. - DOI: 10.4142/jvs.2011.12.3.251.
7. Karaşahin, T. Serum cholesterol levels in Hair goats of Aksaray Region / T. Karaşahin, N. H. Aksoy, A. E. Haydardedeoglu, S. Dursun, G. Bulut, G. Çamkerten, R. İlğün // [Indian Journal of Animal Research] . - 2019. - V. 53(1). - P. 63-66. - DOI:10.18805 / ijar. B-878.
8. Krishnan, B. B. Dietary boron supplementation enhances sperm quality and immunity through influencing the associated biochemical parameters and modulating the genes expression at testicular tissue / B. Krishnan, S. Selvaraju, N. K. S. Gowda, K. B. Subramanya, D. SuPal, S. Archana, R. Bhatta // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2019. - V/ 55/ - R. 6-14. - DOI: 10.1016/j.jtemb.2019.05.004.
9. Mody, A. Relevance of low testosterone to non-alcoholic fatty liver disease / D. White, F. Kanwal, J. M. Garcia // Cardiovascular endocrinology. - 2015. - T. 4. - № 3. – P. 83. DOI: 10.1097/XCE.0000000000000057.
10. Wang, X. Effects of dietary protein level and semen collection frequency on serum biochemical parameters and reproductive hormones of Cashmere goat bucks. Journal of Northwest A & F / X. Wang, Y. Lei, B. Li, Y. Chen, Y. Yang // University-Natural Science Edition. - 2016. - V. 44(12). - R. 45-50.

УДК: 619:615.375/398

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.330

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТИНИЛИРОВАННОГО ПРОИЗВОДНОГО ОКИСЛЕННОГО ДЕКСТРАНА ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ СУБКЛИНИЧЕСКОГО МАСТИТА КОРОВ

Онищенко И.С.<sup>1\*</sup> – к.вет.н., ст.науч.сотр. (ORCID 0000-0003-3857-4301), Греку И.В.<sup>1</sup> – лаборант, студент<sup>2</sup> (ORCID 0000-0003-2152-2804), Коптев В.Ю.<sup>1</sup> – к.вет.н., вед.науч.сотр. (ORCID 0000-0003-0537-6659), Леонова М.А.<sup>1</sup> – к.вет.н., ст.науч.сотр. (ORCID 0000-0001-6755-8138), Шкиль Н.А.<sup>1</sup> – д.вет.н., профессор, зав. лаб. болезней молодняка (ORCID 0000-0002-5124-2208), Вдовкина А.Е. – студент<sup>2</sup>

1 - ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, р.п. Краснообск (СФНЦА РАН).

2 – Институт ветеринарной медицины и биотехнологий Новосибирского государственного аграрного университета (ИБМиБ НГАУ)

\*v3480551@yandex.ru

**Ключевые слова:** профилактика, маститы, коровы, молоко, соматические клетки, декстран.

**Key words:** prevention, mastitis, cows, milk, somatic cell, dextran.

Поступила: 22.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Профилактика маститов коров остается актуальной проблемой в ветеринарной медицине. Большинство субклинических маститов, являющихся следствием нарушения режима доения, при отсутствии адекватной терапии переходят в клиническую форму, осложняясь вовлечением в процесс представителей условно-патогенной микрофлоры. Для профилактики развития подобных осложнений применяют средства активизирующие систему клеточного и гуморального иммунитета. Исходя из этого, целью исследований было изучить эффективность применения биотинилированного производного окисленного декстрана (БОД) при профилактике субклинического мастита коров. На первом этапе работы, в опыте на 40 животных была проведена отработка эффективной дозы. Далее провели изучение эффективности БОД при профилактике субклинического мастита в опыте на 40 клинически здоровых коровах, разделенных по принципу аналогов на две группы – опытную и контрольную. Опытной группе исследуемый препарат вводили внутримышечно в дозе 0,03 мг/кг каждые 72 часа, всего 5 инъекций. В течение 15 суток за животными проводили клинические наблюдения. Каждые 72 часа брали пробы молока для исследования количества соматических клеток. Полученные результаты показывают высокую профилактическую эффективность БОД. В опытной группе на 4-5 сутки наблюдали динамическое снижение соматических клеток на 16,85% относительно контроля. Начиная со второго введения препарата, в опытной группе наблюдали стабильно низкие значения соматических клеток, тогда как в контрольной группе выявлены животные, положительно реагирующие на Кенотест (CID LINES), что в совокупности с повышением соматических клеток указывает на развитие скрытого (субклинического) мастита.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Мастит крупного рогатого скота является серьезной проблемой для крупных животноводческих комплексов, сказываясь на финансовом благополучии. Из-за ухудшения качества и технологических свойств молока молокоперерабатывающие предприятия несут большие убытки. Примесь небольшого процента молока от коров, больных скрытой формой мастита, делает всю партию молока непригодной для переработки на молочные продукты и сыры [1, 2]. Все это приводит к огромным экономическим убыткам на производстве, поэтому разработка эффективных методов лечения и профилактики маститов является актуальной проблемой в ветеринарной медицине [3,4,5].

В этиологии мастита основную роль играют микроорганизмы, которые приводят к развитию воспаления в тканях молочной железы, однако достаточно широко распространены маститы, развивающиеся асептически при раздражении тканей вымени, вызванном нарушением режима машинного доения коров и способствующих паратипических факторах [6, 7, 8].

БОД – полисахаридный биополимер с молекулярной массой от 30 до 70 кДа, состоящий более чем из 100 глюкозных блоков, соединённых 1,6-гликозидными связями. В процессе окисления в декстране разъединяются глюкозные блоки с образованием альдегидных групп, которые могут ковалентно связываться с химическими соединениями, тем самым повышая их активность и значительно улучшая функциональные свойства [9].

В результате лабораторных исследований было доказано, что БОД обладает выраженной иммуностимулирующей активностью, что дает предпосылки для использования его в качестве основного или вспомогательного средства при профилактике ряда заболеваний [10].

Целью наших исследований было изучить эффективность применения биотинилированного производного окисленного декстрана (БОД) при профилактике субклинического мастита коров.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследования выполнялись в двух хозяйствах Новосибирской области и в лаборатории болезней молодняка СФНЦА РАН на 80 коровах в период лактации. В качестве объекта исследования использовали биотинилированную производную окисленного декстрана (БОД) изготовленный ОАО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»» (ОАО ФНПЦ «Алтай») г. Бийск.

При определении эффективной дозы препарата БОД в одном из хозяйств сформировали по принципу аналогов 4 группы клинически здоровых коров: три опытных и одна контрольная по 10 голов в каждой группе. Все животные не имели явных признаков субклинического мастита – отрицательный Кенотест (CID LINES). Животным опытных групп внутримышечно вводился препарат БОД по схеме:

- 1 опытная группа – внутримышечно 0,01 мг/кг один раз в 72 часа 5 инъекций;
- 2 опытная группа – внутримышечно 0,03 мг/кг один раз в 72 часа 5 инъекций;
- 3 опытная – группа внутримышечно 0,05 мг/кг один раз в 72 часа 5 инъекций;
- 4 группа контрольная – препарат не применяли.

Все животные находились в одной фазе лактации, были после первого отёла и не имели явных признаков субклинического мастита.

Перед введением препарата и каждые последующие трое суток у всех животных брали пробы молока для исследования количества соматических клеток. Подсчёт количества соматических клеток проводили с помощью прибора – Lactoscan MCC COMBO. За всё время проведения опыта, отмечалось удовлетворительное состояние животных, реакций со стороны организма на препарат не наблюдалось.

При изучении профилактического действия препарата во втором хозяйстве сформировали по принципу аналогов 2 группы клинически здоровых коров:

опытная и контрольная по 20 голов в каждой группе.

БОД применяли по следующей схеме:

- опытная группа: внутримышечное введение БОД в дозе 0,03 мг/кг каждые 72 часа 5 инъекций;

- контрольная группа: БОД не применяли.

Все животные были без явных клинических признаков мастита – (отрицательный Кенотест (CID LINES) при первичной диагностике и лабораторного подсчета соматических клеток на Lactoscan MCC COMBO (количество соматических клеток менее 200 тыс./см<sup>3</sup>)).

Полученные данные математически обрабатывали с использованием программ, входящих в состав пакета Microsoft Office. Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы SPSS 22.0. Полученные результаты представляли как среднее арифметическое (М) ± стандартная ошибка (SE).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

На первоначальном этапе исследования определяли эффективную дозу препарата БОД.

Результаты влияния препарата БОД на

количество соматических клеток в молоке коров представлены в таб. 1.

Из таблицы 1 видно, что в первой опытной группе не прослеживали тенденции к снижению количества соматических клеток на протяжении всего опыта, что свидетельствует о малоэффективной дозе препарата. Максимальное снижение числа соматических клеток отмечали во второй и третьей опытных группах, где доза БОД составила 0,03 мг/кг и 0,05 мг/кг. На четвертые сутки опыта в этих группах наблюдали четкую тенденцию по снижению количества соматических клеток в молоке до 73,6 и 75,2 тыс./мл<sup>3</sup> соответственно. В контрольной группе количество соматических клеток на четвертые сутки проведения опыта составило 80,9 тыс./см<sup>3</sup>. На седьмые сутки отмечали снижение соматических клеток во 2 и 3 опытных группах относительно контроля в 1,86 и 1,48 раза, на десятые сутки разница с контролем уже была в 2,97 и 2,51 раза, соответственно.

Начиная с тринадцатых суток опыта, в контрольной группе количество соматических клеток увеличилось, это говорит о том, что в данной группе у животных

**Таблица 1**  
**Влияния препарата БОД на количество соматических клеток в молоке**

| Показатели<br>Сутки опыта | Соматические клетки в молоке коров, тыс./мл <sup>3</sup> |                                   |                                   |                    |
|---------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
|                           | 1 группа<br>(n=10),<br>0,01 мг/кг                        | 2 группа<br>(n=10),<br>0,03 мг/кг | 3 группа<br>(n=10),<br>0,05 мг/кг | Контроль<br>(n=10) |
| 1                         | 88,7±1,77                                                | 81,2±1,62*                        | 83,5±1,67**                       | 87,4±1,75          |
| 4                         | 87,9±1,80                                                | 73,6±1,47*                        | 75,2±1,50*                        | 80,9±1,62          |
| 7                         | 83,1±1,26*                                               | 47,9±0,95                         | 60,2±1,20                         | 89,3±1,79          |
| 10                        | 87,2±1,14                                                | 29,6±0,59                         | 35,1±0,70                         | 88,0±1,76          |
| 13                        | 88,4±0,97                                                | 23,9±0,48                         | 25,8±0,51                         | 99,9±1,19          |
| 15                        | 86,2±1,76                                                | 23,7±0,47                         | 24,6±0,49                         | 120,9±1,10         |

Примечание: \* -  $P \leq 0,01$ , \*\* -  $P \leq 0,01$

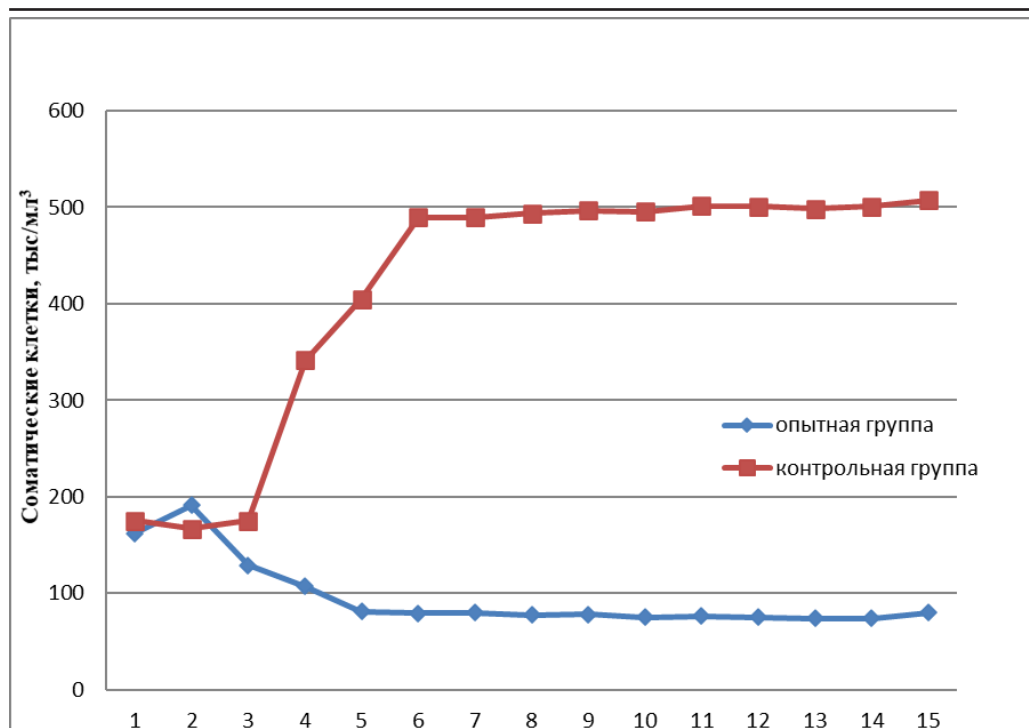


Рис.1 – Влияние БОД на динамику соматических клеток в молоке коров при профилактике субклинического мастита

имеют тенденцию к развитию субклинического мастита, в вымени начало развиваться воспаление, что сопровождалось увеличением количества соматических клеток (99,9 тыс./мл<sup>3</sup>). При этом во всех опытных группах продолжали наблюдать сниженное количество соматических клеток (88,4, 23,9, 25,8 тыс./мл<sup>3</sup> соответственно), относительно второй и третьей опытных групп количество соматических клеток в контроле было в 4,18 и 3,87 раза выше.

Количество соматических клеток максимально снизилось к пятнадцатым суткам опыта во второй и третьей опытных группах и составило 23,7 и 24,6 тыс./см<sup>3</sup>. В контрольной группе количество соматических клеток составило 120,9 тыс./см<sup>3</sup>, что в 5,1 и 4,91 раз выше, чем во второй и третьей опытных группах.

Таким образом, во второй и третьей опытных группах на всем протяжении

опыта не зафиксировали случаев заболевания субклинической формой мастита, в то время как в контроле данное заболевание появилось у 10% животных.

Исследования определили эффективную дозу БОД, как 0,03 мг/кг внутримышечно каждые 72 часа 5 инъекций.

Исходя из полученных данных по эффективной дозе БОД, провели изучение профилактического действия препарата.

Результаты опыта представлены в рис.1.

В течение трех суток отмечены близкие значения соматических клеток в обеих группах, имеющие не значительное отклонение. С пятых суток в опытной группе наблюдаются стабильно низкие значения соматических клеток, тогда как в контрольной группе 20% животных дали положительную реакцию на «Кенотест», что в совокупности с повышением соматических клеток и отсут-



ствии выраженных клинических признаков указывает на развитие субклинического мастита.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Применение биотинилированного производного окисленного декстрана в дозе 0,03 мг/кг каждые 72 часа, всего 5 инъекций является эффективным и результативным средством профилактики субклинического маститов у коров.

В результате лабораторных исследований было доказано, что БОД обладает выраженной иммуностимулирующей активностью, что дает предпосылки для использования его в качестве основного или вспомогательного средства при профилактике ряда заболеваний.

#### THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF BIOTINYLATED DERIVATIVE OF OXIDIZED DEXTRAN IN THE PREVENTION OF SUBCLINICAL MASTITIS OF COWS

**Onishchenko I.S.**<sup>1\*</sup> – candidate of veterinary Sciences, senior researcher, **Greku I.V.** – laboratory assistant<sup>1</sup>, student<sup>2</sup>, **Koptev V.Yu.**<sup>1</sup> – candidate of veterinary Sciences, Leading researcher, **Leonova M.A.**<sup>1</sup> – candidate of veterinary Sciences, senior researcher, **Shkil N.A.** – doctor of veterinary Sciences, head of laboratory, **Vdovkina A.E.** – student<sup>2</sup>

1 - Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, r.p. Krasnoobsk (SFSC RAS).

2 - Institute of Veterinary Medicine and Biotechnology of the Novosibirsk State Agrarian University (IVMiB NSAU)

\*v3480551@yandex.ru

#### ABSTRACT

Prevention of cow mastitis remains an urgent problem in veterinary medicine. The majority of subclinical mastitis resulting from a violation of the milking regime, in the absence of adequate therapy, turn into a clinical form, complicated by the involvement of representatives of conditionally pathogenic microflora in the process. To prevent the development of such complica-

tions, agents that activate the cellular and humoral immunity system are used.

The article presents the results of a study of the use of biotinylated derivative of oxidized dextran (DOD) in the prevention of subclinical mastitis of cows.

The data obtained in the course of the work showed a high preventive effectiveness of DOD. In the experimental group, a dynamic decrease of somatic cells by 16.85% relative to the control was observed on day 4-5. Starting from the second administration of the drug, stable low values of somatic cells were observed in the experimental group, whereas in the control group animals were identified that respond positively to Kenotest, which together with an increase in somatic cells indicates the development of latent (subclinical) mastitis.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гамаюнов В.М. /К оценке эффективности противомаститных препаратов для лактирующих коров /В.М. Гамаюнов, А.Х.Амиров/ Приоритеты развития АПК в современных условиях: сб. материалов. Международной, науч.-практ. конф. К 40-летию Смоленской ГСХА.- Смоленск 2014.-С.221-224
2. Гамаюнов В. М. Лечебный мониторинг мастита у коров / В. М. Гамаюнов [и др.] // Наука – сельскохозяйственному производству и образованию: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию со дня основания ФГОУ ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт», Смоленск, 2–5 ноября 2004 г. / ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт». – Смоленск, 2004. – С. 86–88.
3. Истомина Е.А. Сравнительная оценка современных методов лечения и профилактики маститов на предприятии по производству молока / Истомина Е., Усевич В.М.// Молодежь и наука № 5, 2018. С. 7.
4. Белкин Б.Л. Мастит коров: Этиология, патогенез, диагностика, лечение и профилактика/ Б.Л. Белкин, В.Ю. Комаров, В.Б. Андреев.-СПб.: Лань, 2015.-112 с.
5. Париков В.А., Климов Н.Т., Романенко

А.Н., Новиков О.Г. / Мастит у коров (профилактика и терапия) // Ветеринария. – 2010. – №11. – С.35-37.

6. Санитарно-гигиенические условия получения доброкачественного молока (рекомендации) / А.В. Мамаев, К.А. Лещукоа, Е.Ю. Сергеева и др. – Орел. – 2005. – 52 с.

7. Ивашура А.Н. Система мероприятий по борьбе с маститом коров / А.Н. Ивашура – Москва: Росагропромиздат. – 1991. – 240 С.

8. Коренник И.В. Комплексный подход к профилактике и лечению коров при мастите. Ветеринария. 2015, №8 - С.35-39.

9. Способ получения биотилинированного производного окисленного декстрана: Патент РФ № RU 2537246 от 27.12.2014 / Шкурूपий В.А., Троицкий А.В., Старостенко А.А. и др. // Бюл. № 36 А61К 31/721, G01N 33/53

10. Балыбина Н.Ю., Коптев В.Ю., Онищенко И.С., Леонова М.А., Шкиль Н.А., Сырат М.В. Влияние способов введения биотилинированного производного окисленного декстрана на показатели клеточного иммунитета лабораторных животных // Международный вестник ветеринарии. 2019 г. №2. Санкт-Петербург. – С. 50-55.

## REFERENCES

1. Gamayunov V.M. /To assess the effectiveness of anti-mastitis drugs for lactating cows / V.M. Gamayunov, A.Kh.Amirov / Priorities for the development of the agro-industrial complex in modern conditions: Sat. materials. International, scientific and practical. conf. To the 40th anniversary of the Smolensk State Agricultural Academy. - Smolensk 2014.-p.221-224

2. Gamayunov V. M. Therapeutic monitoring of mastitis in cows / V. M. Gamayunov [et al.] // Science to agricultural production

and education: materials of the Intern. scientific-practical. conf., dedicated 30th Anniversary of the FGOU VPO "Smolensk Agricultural Institute", Smolensk, November 2-5, 2004 / VPO "Smolensk Agricultural Institute". - Smolensk, 2004. - S. 86-88.

3. ISTOMINA E.A. Comparative assessment of modern methods of treatment and prevention of mastitis at a milk production enterprise / Istomina E., Usevich V.M. // Youth and science No. 5, 2018. P 7

4. Belkin B.L. Mastitis in cows: Etiology, pathogenesis, diagnosis, treatment and prevention / B.L. Belkin, V.Yu. Komarov, V.B. Andreev. -SPb.: Lan, 2015.-112 p.

5. Parikov V.A., Klimov N.T., Romanenko A.N., Novikov O.G. / Mastitis in cows (prevention and therapy) // Veterinary. - 2010. - No11. – P.35-37

6. Sanitary and hygienic conditions for obtaining benign milk (recommendations) / A.V. Mamaev, K.A. Leshchukoa, E.Yu. Sergeeva and others - Orel. – 2005.–52 p.

7. Ivashura A.N. System of measures to combat mastitis in cows / A.N. Ivashura - Moscow: Rosagropromizdat. - 1991. – 240 C.

8. Korennik I.V. An integrated approach to the prevention and treatment of cows with mastitis. Veterinary. 2015, No8 - P.35-39

9. Method for obtaining a biotilinated derivative of oxidized dextran: Patent of the Russian Federation No. RU 2537246 dated December 27, 2014/ Shkurupiy V.A., Troitsky A.V., Starostenko A.A. and others // Bull. No. 36 A61K 31/721, G01N 33/53

10. Balybina N.YU., Koptev V.YU., Onishchenko I.S., Leonova M.A., SHkil' N.A., Syrat M.V. Vliyanie sposobov vvedeniya biotinirovannogo proizvodnogo okislennogo dekstrana na pokazateli kletochnogo immuniteta laboratornykh zhivotnykh // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. 2019 g. №2. Sankt-Peterburg. – S. 50-55.



## ХИРУРГИЯ

УДК: 619:617.581:616.72-089.87

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.336

### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОРТЕЗА ИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОНИ ШЕТЛЕНДСКОЙ ПОРОДЫ ПОСЛЕ РЕЗЕКЦИИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

**Коробчук М. В.**<sup>1\*</sup> – практикующий коваль, к.т.н., специалист в области химии и технологии мономеров и полимеров (пластмасс и каучуков) органической и элементоорганической природы, главный специалист научно-технического управления, **Карклин А. И.**<sup>2</sup> – ветеринарный врач, аспирант; **Балашова О.В.**<sup>3</sup> – врач-хирург.

1 - ФГБОУ ВО СПбГТИ (ТУ),

2 - ФГБОУ ВО СПбГУВМ,

3 - ГБУ «Санкт-Петербургская городская ветеринарная станция»

\*korobchuk\_max@mail.ru

**Ключевые слова:** ортез, полимеры, ортопедия, ковка, лошади, пони, резекция, вывих, тазобедренный сустав.

**Keywords:** orthosis, polymers, orthopedics, shoeing, horse, pony, osteotomy, luxation, coxofemoral joint

Поступила: 27.01.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



#### РЕФЕРАТ

Как правило, в силу физиологических особенностей функционирования опорно-двигательного аппарата ампутацию и протезирование пострадавших конечностей лошадей и пони не выполняют (например, при переломах путовой, пястной, плюсневой, лучевой или берцовой костей). Однако, в ряде случаев, современные достижения из области материаловедения позволяют не просто сохранить животное, но и обеспечить ему вполне комфортное существование.

Особенно важным это оказывается, когда травмы получают племенные животные, эвтаназия которых сопровождается существенными экономическими потерями и обедняет генофонд племенного поголовья отечественных конных заводов. Вывих тазобедренного сустава у лошадей встречается достаточно редко, однако является весьма распространенным заболеванием области таза. Болезнь характеризуется смещением головки бедренной кости из суставной впадины, а также разрывом связок сустава и повреждением его капсулы. В статье содержится информация об удачном опыте применения современных полимерных материалов, использованных при изготовлении ортеза, предназначенного для компенсации разной длины тазовых конечностей пони, возникшей после хирургического удаления головки бедренной кости. Текст работы включает эпикриз и опи-

сание обусловленной им реализации конструктивного исполнения ортеза: элементов ортопедической конструкции, использованных материалах, сроках и стоимости изготовления. В заключении работы делаются выводы о том, что применение ортеза позволило: существенно улучшить качество проводимых ветеринарных мероприятий; обеспечить травмированной конечности положение, максимально приближенное к естественному физиологическому; на время послеоперационного восстановления снизить дискомфорт животного, вызываемый необходимостью ковки травмированной конечности. Отмечаются успешность профессиональной коллаборации при реализации комплексного подхода к решению проблем, возникающих при лечении и реабилитации животных, а также при выполнении различных междисциплинарных исследований.

### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Как правило, в силу физиологических особенностей функционирования опорно-двигательного аппарата ампутацию и протезирование пострадавших конечностей лошадей и пони не выполняют (например, при переломах путовой, пястной, плюсневой, лучевой или берцовой костей). Однако, в ряде случаев, современные достижения из области материаловедения позволяют не просто сохранить животное, но и обеспечить ему вполне комфортное существование. Особенно важным это оказывается, когда травмы получают племенные животные, эвтаназия которых сопровождается существенными экономическими потерями и обедняет генофонд племенного поголовья отечественных конных заводов.

Вывих тазобедренного сустава у лошадей встречается достаточно редко, однако является весьма распространенным заболеванием области таза [1]. Болезнь характеризуется смещением головки бедренной кости из суставной впадины, а также разрывом связок сустава и повреждением его капсулы. Иногда могут наблюдаться переломы костных структур (вертлужная впадина, головка бедренной кости и др.) а также разрывы связок и окружающих мышц с массивным кровоизлиянием. Чаще всего травмированию подвержены жеребята и пони.

Основной причиной вывиха тазобедренного сустава служит чрезмерное разгибание тазовой конечности. Это может происходить при поскальзывании животного, падениях, крутых разворотах и движении по вязкому грунту (глубокий снег, топкая местность) [2,3].

Диагностирование данного заболева-

ния по клиническим признакам не вызывает особых затруднений. В покое наблюдается асимметрия тазовой области, пораженная конечность выглядит укороченной и принимает неестественное положение – находится в состоянии абдукции или аддукции, что зависит от направления смещения головки бедренной кости. При движении ярко выражена хромота смешанного типа, больная конечность выносится вперед волоком, нормальная опора о грунт не обеспечивается [1].

Прогноз, как правило, неблагоприятный. Для постановки окончательного диагноза ветеринарным врачом, помимо характерных симптомов, дополнительно учитываются результаты рентгенологического, ультразвукового и ректального исследований [4].

Основным способом лечения вывиха тазобедренного сустава у лошадей является вправление головки бедренной кости в суставную впадину. Манипуляция проводится под общей анестезией, благодаря чему обеспечивается расслабление мышц, а техника выполнения зависит от направления смещения головки бедренной кости [3].

В тех случаях, когда вправление вывиха не представляется возможным, крайней мерой становится хирургическое вмешательство [5,6,7]. Простейшая техника операции сводится к резекции головки бедренной кости с последующим ушиванием капсулы сустава. В случаях, когда это возможно, между костями таза и бедренной костью для предотвращения трения ими друг о друга, дополнительно выполняют репозицию глубокого ягодичного мускула или лоскута бицепса бедра. В дальнейшем у животного формируется

ложный сустав, который и позволяет обеспечить конечности достаточную подвижность и опорную функцию.

До начала операции, помимо шансов на успешное выздоровления (например, для лошадей в силу большой массы прогноз менее благоприятен, чем для пони), дополнительно учитываются, как возможности владельца по обеспечению его дальнейшего содержания и долгосрочных мероприятий по ортопедическому сопровождению, так и наличие необходимых условий и технических возможностей по организации нормального протекания реабилитационного периода. Зачастую, именно принципиальное наличие технических возможностей и определяет успешность лечения.

Работу с травмированным животным после хирургического вмешательства можно условно разделить на два этапа: послеоперационная реабилитация и дальнейшее терапевтическое сопровождение в стабилизированном состоянии. Каждый из этапов характеризуется своими особенностями, а при выборе стратегии лечения для достижения успеха требуется учет большого количества разнообразных факторов, специфика которых находится не только в области анатомии, патофизиологии и биомеханики, но и инженерии и материаловедения. От привлекаемых к работе специалистов на всех этапах прежде всего требуются высокая квалификация, решительность и находчивость.

Операция по резекции головки бедренной кости дает хорошие результаты на мелких домашних животных небольшого веса (до 20-25 кг) и широко распространена в клинической практике. Однако для крупных животных её выполняют с несколько меньшим успехом в силу характерного развития функционального постоперационного дефицита конечности. В частности, это проявляется в сокращении опорной функции, выраженной хромоте, перегрузке парной конечности, асимметрии и атрофии мышц крупа, бедра и т.д.

Пациенты, которым была проведена операция по резекции головки бедра, нуждаются в длительной реабилитации,

целью которой является максимальное восстановление и сохранение всех локомоторных функций организма: восстановление амплитудного диапазона движения и несущей способности травмированной конечности (её полноценное нагружение) и общее укрепление мышечного корсета. Отдельного внимания заслуживает работа с проприоцептивным дефицитом, что становится особенно важно на этапе, когда животное начинает все более и более свободно двигаться. Проприоцептивные тренировки могут включать в себя ходьбу через препятствия, движение по различным грунтам (песок, трава, вода, неровная почва и т.п.) и упражнения на баланс и, по сути, позволяют животному заново сформировать двигательные навыки, компенсирующие изменения в строении организма после полученной травмы.

Одним из последствий операции на тазобедренном суставе является заметное укорочение прооперированной конечности [7,8]. На этапе лечения, когда основную долю выполняемых с животным манипуляций составляют пассивные движения (первая неделя после операции) уменьшение длины конечности, не является существенным фактором. Однако в дальнейшем, по мере выздоровления, когда животное начинает все больше двигаться самостоятельно, для создания условий, при которых обеспечиваются максимально приближенные к физиологической норме кинематика и динамика движения конечности, этот фактор становится определяющим. Очень важно с первых дней сформировать у животного правильные двигательные навыки, что в случае конечностей разной длины затруднительно. Таким образом, необходимость применения компенсирующего устройства – ортеза, следует считать обязательным условием выздоровления животного.

Анализ доступной отечественной литературы и данных из телекоммуникационной сети Интернет показал, что для лошадей и пони отсутствуют описания клинических случаев резекции головки бедра, а соответственно и каких-либо применяемых для этого приспособлений



или конструкций, в том числе и ортезов.

Целью настоящей работы является освещение удачного опыта послеоперационной реабилитации пони шетлендской породы после резекции головки бедренной кости и демонстрация возможностей современных полимерных материалов и технологий их переработки в изделия, а именно при изготовлении закрепляемого на копыте ортеза, предназначенного для компенсации разной длины конечностей.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

Ниже приводится анамнез жизни и болезни, техника операции и стратегия послеоперационной реабилитации животного.

*Анамнез жизни животного.* Мерин, шетлендский пони, 2009 г.р. (на момент операции 11 лет). Живая масса 156 кг, упитанность высокая - 7/9 по шкале Хеннеке. Содержание денниковое с организацией выгула в леваде, верховых и рабочих нагрузок пони не несет.

*Анамнез болезни.* Механическая травма (вывих тазобедренного сустава) вероятнее всего была получена после застревания животного в ограде левады. После происшествия при движении наблюдалась выраженная смешанная хромота с минимальной опорой на левую тазовую конечности. В покое у травмированной конечности наблюдалось вынужденное физиологически неестественное положение: коленный, путовый и копытный су-

ставы повернуты наружу, а заплюсневый – внутрь.

Диагноз был поставлен на основании характерных для вывиха тазобедренного сустава симптомов, для подтверждения диагноза было выполнено рентгенологическое исследование.

Прогноз неблагоприятный. Для лечения первоначально была предпринята попытка вправить сустав. Мануальное вправление тазобедренного сустава проводилось по стандартному протоколу. Несмотря на многочисленные попытки, осуществить вправление вывиха не удалось. Среди вероятных причин – избыточное отложение жира и полный разрыв связки. Оперативный способ лечения стал крайней мерой. При этом было учтено, что пони имеет невысокий рост (95 см в холке) и небольшую живую массу тела (156 кг), что повышало шансы на благоприятный исход.

*Техника операции.* Подготовка животного к операции осуществлялась в следующем порядке: выбривалась левая область бедра и обрабатывалась шампунем (растворы хлоргексидина и бетадина в соотношении 1:1), был установлен периферический внутривенный катетер. После внутривенного введения препаратов для общей анестезии, животное укладывалось на маты. Далее выполнялась оротрахеальная интубация с подключением к аппарату ингаляционной анестезии, одновременно проводилась инфузионная терапия. Хирургический доступ осуществлялся в области проекции тазобедренного сустава. Следующим этапом осуществлялось удаление головки бедренной кости и ушивание капсулы сустава. Заключительным этапом проводилось наложение швов на операционную рану и ее дренирование. По завершению всех необходимых манипуляций животное было отключено от аппарата газовой анестезии и переведено на внутривенную анестезию. Для предотвращения развития послеоперационных осложнений были введены нестероидные противовоспалительные препараты и системные антибиотики.

Медикаментозная терапия включала



Рис. 1 – Внешний вид животного



Рис. 2 – Внешний вид ушитой операционной раны



Рис. 3 – Животное в постоперационный период (1-е сутки)

*Послеоперационный уход и реабилитация.*

введение метрогила (внутривенно, 15 мг/кг, каждые 12 часов, 7 дней), байтрила (внутривенно, 2,5 мг/кг, каждые 24 часа, 7 дней), меганила (внутривенно, 1,1 мг/кг, каждые 24 часа, 7 дней). Ежедневно в течение 14 дней осуществлялось промывание дренажа раствором метронидазола, после чего он был снят. В течение всего послеоперационного периода регулярно проводился контроль физиологических показателей (ЧСС, ЧДД, температура). Шаговые проводки были назначены на следующий после операции день (продолжительность 10 минут с ежедневным увеличением), составлен комплекс упражнений для разработки и укрепления мышц области бедра и крупа (протракция, ретракция, круговые движения, сгибание, разгибание, имитация шагового движения конечности). Для устранения разности длин тазовых конечностей

была изготовлена подставка из вспененного полиуретана, крепление которой на конечности выполнялось с помощью армированного скотча. В дальнейшем методом реакционно-литьевого формования из полимерных материалов были изготовлены элементы ортеза, конструкция которого реализовывала возможность регулировки общей высоты устройства. Изготовление ортеза (подковы и протектора) выполняли в следующей последовательности: снятие мерки, проработка конструкции, изготовление прототипа (мастер-модели), изготовление отдельных элементов, сборка ортеза.

*Снятие мерки с копыта травмированной конечности* выполнялось следующим образом. После предварительной расчистки на бумаге формировали контур подошвы путем обертывания копыта. Уточнение размеров копыта выполнялось по общепринятой методике (см. рис. 4): длину копыта (А) определяли как расстояние от середины зацепа до одного из пяточных углов; ширину (Б) - как расстояние между боковыми стенками копыта в самом широком месте; по расстоянию между пяточными углами определялась ширина копыта (В) в пяточной области [9]. После графической обработки результатов измерений, уточнения дизайна протектора и конструктивной проработки общей концепции, разработанная конструкция оцифровывалась методами твердотельного моделирования при помощи специализированного программного обеспечения. К конструкции ортеза, основное назначение которого – компенсация разной длины тазовых конечностей, предъявлялись следующие требования: возможность регулирования высоты, максимально безболезненный способ закрепления на конечности, незначительный вес конструкции, доступность применяемых материалов, приемлемая стоимость.

*Проработка конструкции.* Стремление закрепить ортез на копыте очевидно. Однако миниатюрность последнего, а также серьезность травмы исключали применение традиционного гвоздевого крепления: тонкая копытная стенка (не

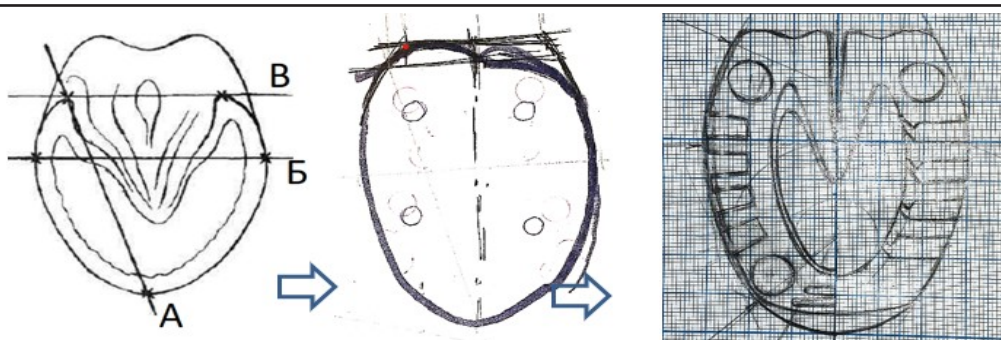


Рис. 4 – Этапы эскизной проработки конструкции ортеза

1 – схема снятия размеров; 2– «отпечаток» подошвы на бумаге; 3 – эскиз элемента ортеза на миллиметровой бумаге с проработкой дизайна протектора, масштаб 1:1.

более 5 мм) не позволяла забить в нее гвозди, а ударные воздействия доставляли бы существенный дискомфорт животному при каждой перековке. Способ закрепления с помощью скотча не позволил бы обеспечить надежное и продолжительное закрепление ортеза, особенно при активном моционе и требовал бы постоянного внимания. Вариант с применением скотча оказывается приемлем лишь на время изготовления основного технического решения в самом начале реабилитационного периода. Таким образом, в качестве основного средства крепления ортеза к копыту было решено использовать полиуретановый клей (Vettec ADHERE Equi-Thane, Royal Kerckhaert).

Для регулирования высоты ортеза конструкция выполнялась сборной с возможностью установки проставок. С целью облегчения общего веса конструкции и снижения общей стоимости в качестве материала было решено использовать полимерные материалы, перерабатываемые методами реакционно-литьевого формования. Ортез конструктивно состоит из подковы 1, закрепляемой на копыте с помощью клея. Конструкция подковы отличается тем, что включает в свой состав резьбовые втулки 2, через посредство которых с помощью винтов 5 осуществляется прикрепление протектора 4 (см. рис. 5). Для гарантированного удержания резьбовых втулок в теле эластичной подковы 1 дополнительно в кон-

струкцию были введены закладные пластины 3. Толщина подковы 1 и протектора 4 составляли по 15 мм каждый (минимальная высота ортеза – 30 мм). Необходимая для практики толщина составной подковы должна была обеспечиваться за счет применения состоящего из 3 наборных пластин комплекта, толщиной 5 мм каждая. В случае необходимости настройки ортеза на высоту более 45 мм конструкция предусматривала возможность применения дистанционных втулок с увеличением общей высоты ортеза до 60 мм и более без увеличения общего веса конструкции.

Конструкция ортеза представлена на рис. 5 (наборные пластины и дистанционные втулки не показаны).

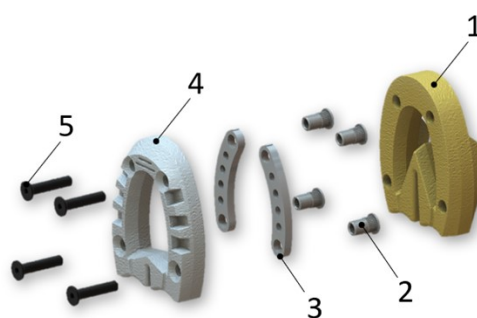


Рис. 5 – Ортез для компенсации разнودлинности конечностей

1 – подкова; 2 – втулка резьбовая;  
3 – пластина закладная; 4 – протектор;  
5 – винт.

Для твердотельной (цифровой) модели ортеза методом конечных элементов, исходя из величины и характера возможной нагрузки, оценивались возникающие в материале деформации и напряжения [10]. На основании полученных данных был выполнен выбор материала таким образом, чтобы возникающие в нем линейные перемещения не превышали значения, допустимые для клеевого соединения, а закрепленная на копыте подкова не блокировала работу механизма копыта.

*Изготовление подковы.* Мастер-модели конструктивных элементов ортеза изготавливали с помощью 3Д принтера методом DLP печати. Для изготовления

использовалась смола, отверждаемая ультрафиолетовым светом с длиной волны 390-400 нм. Постобработка мастер-моделей включала промывку в изопропиловом спирте (10 мин.) дозасветку (10 минут) и термостатирование (при температуре 60°C в течение 30 мин.).

После доработки (шлифования, шпатлевания и т.д.) поверхностей мастер-моделей на их основе создавалась формовочная оснастка, в которой из конструктивных полимеров с требуемыми физико-механическими свойствами методами реакционно-литьевого формования получали готовые изделия [11].

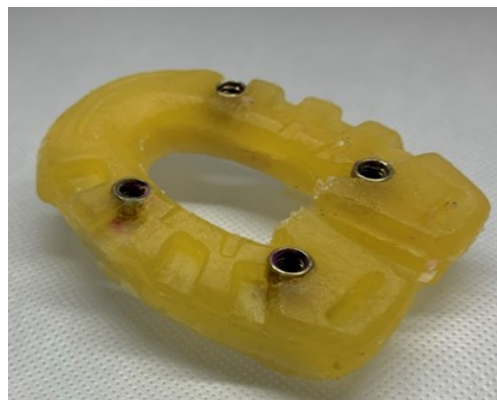
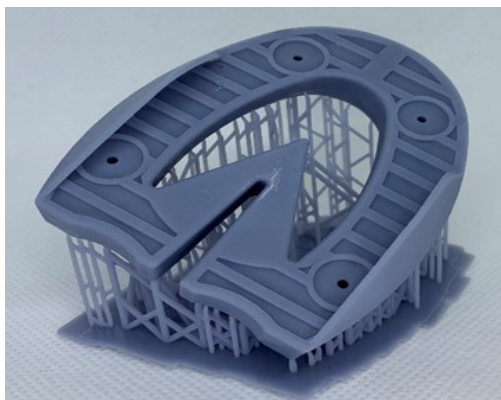


Рис. 6 – Элемент конструкции ортеза.

1 – мастер-модель после 3D печати (до удаления поддержек);

2 – готовая деталь.

*Подковывание.* Закрепление подковы выполняли с помощью метакрилового клея. Монтаж вставки выполняли с помощью винтов М5 с конической головкой под внутренний шестигранник.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Для достижения поставленной задачи – успешной реабилитации животного после резекции головки бедренной кости на этапе послеоперационного восстановления, была разработана ортез специальной конструкции. Для создания ортеза из полимерных материалов были изготовлены отдельные элементы конструкции, перечень которых представлен в таблице Таблица 1.

В первые 7 суток нахождения в стаи-

онаре на послеоперационном уходе работа с животным заключалась в обработке операционной раны и проведении лекарственной терапии нестероидными противовоспалительными препаратами и системными антибиотиками. Мануальные процедуры сводились к растиранию дистальных отделов конечности и выполнению пассивных движений с небольшой амплитудой. Шаговые проводки были начаты на следующий день после операции. На 6-е сутки для компенсации укорочения левой тазовой конечности на копыто закреплялась подставка, вырезанная из листового пенополиуретана (см. рис. 7). Крепление подставки выполняли армированным скотчем.



**Таблица 1**

**Перечень изготовленных изделий и использованных материалов**

| Наименование       | Характеристика элемента | Материал                     | Кол-во |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|--------|
| Подставка          | деталь                  | Пенополиуретан листовой      | 1      |
| Основание          | мастер-модель           | Elegoo Standard Gray         | 1      |
|                    | деталь                  | SmoothOn PMC-790             | 1      |
| Протектор          | мастер-модель           | Elegoo Standard Gray         | 1      |
|                    | деталь                  | SmoothOn TASK 8              | 1      |
| Пластина закладная | деталь                  | HARZ Labs Industrial Flex    | 2      |
| Пластина наборная  | деталь                  | Полиметилметакрилат листовой | 3      |

В таблице Таблица 2 представлена информация о стоимости и сроках изготовления каждого из элементов разработанной конструкции.

Выдержки из журнала наблюдений представлены в таблице Таблица 3.

**Таблица 2**

**Стоимость и сроки изготовления элементов подковы**

| Наименование                      | Сроки изготовления, часов | Стоимость, тыс. руб |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| <b>ОСНОВНЫЕ</b>                   |                           |                     |
| Подставка, 1 шт                   | 1                         | 0,5                 |
| Основание, 1 шт                   | 36                        | 2,5                 |
| Пластина закладная, 2 шт          | 36                        | 1,5                 |
| Протектор, 1 шт                   | 36                        | 2,5                 |
| Пластина наборная, 3шт.           | 6                         | 1,5                 |
| <b>ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ (ПОКУПНЫЕ)</b> |                           |                     |
| Клей, 50 мл.                      | -                         | 1                   |
| Смеситель, 1 шт                   | -                         | 0,25                |
| Итого:                            |                           | 9,75                |



Таблица 3

## Журнал наблюдений

| Время после операции, сутки | Критерий        |         |                                                                    |                                                                      |                                                                      |                                              |
|-----------------------------|-----------------|---------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                             | Общее состояние | Аппетит | Опора на конечность                                                |                                                                      | Характер движения                                                    | Состояние места операции, отек/болезненность |
|                             |                 |         | в покое                                                            | в движении                                                           |                                                                      |                                              |
| 0-6                         | угнетенное      | снижен  | нет                                                                | нет или на зацеп минимально                                          | скачками, хромота 5/5                                                | ДА / ДА                                      |
| 6 – 10                      | удовл.          | удовл   | минимальна                                                         | минимальна                                                           | скачками с периодической опорой на зацеп, хромота 4,5/5              | ДА / ДА                                      |
| 10-14                       | удовл.          | хороший | неполная                                                           |                                                                      |                                                                      | ДА / умеренная                               |
| 14-16                       | хорошее         | хороший | неполная                                                           | регулярное весовое обременение с постоянным улучшением выноса вперед | хромота 4/5 с опорой на зацеп                                        | незначительный / умеренная                   |
| 16-20                       | хорошее         | хороший | полная, кратковременн о                                            |                                                                      |                                                                      | незначительный / умеренная                   |
| 20–22                       | хорошее         | хороший |                                                                    | полная, длительно                                                    | длительное весовое обременение с постоянным улучшением выноса вперед | хромота 4/5 с опорой на всю подошву          |
| 22-24                       | хорошее         | хороший | НЕТ / НЕТ                                                          |                                                                      |                                                                      |                                              |
| 24-28                       | хорошее         | хороший | улучшение выноса конечности вперед, постоянное весовое обременение |                                                                      | хромота 3/5                                                          | НЕТ / НЕТ                                    |
| 28-35                       | хорошее         | хороший |                                                                    | постоянное весовое обременение                                       |                                                                      |                                              |

Проводки в руках в первые 14 суток после операции давались с трудом, животное двигалось неохотно, максимально оберегая травмированную конечность. Конечность выносилась вперед волоком, опора на нее была минимальной или во-

все отсутствовала.

На 14-й день послеоперационного ухода на копыто был установлен ортез описанной выше конструкции. Общая высота составила 30 мм.



Рис. 8 – Ортез для компенсации разнотинности конечностей  
а – конструкция ортеза в сборе; б - внешний вид установленного на копыто ортеза, вид снизу; в - внешний вид установленного на копыто ортеза, вид сбоку



Рис. 9 – Оперированное животное спустя 2,5 года

Начиная с 16-го дня реабилитации при наблюдении отмечали все более и более уверенную опору на прооперированную конечность – сначала на зацеп, потом на всю подошву. Во время проводок в руках конечность выносилась все свободнее как вперед, так и назад. Общее время прогулок увеличивалось, животное двигалось все охотнее.

На 25-е сутки животное выписали из стационара и транспортировали к месту постоянного содержания, а в дополнение к шаговым проводкам был добавлен свободный выгул. Общее время ношения ортеза составило 4 месяца.

Ниже представлены фотографии животного спустя 2,5 года после операции (см. рис. 9).

#### ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION

Проведенная операция позволила сохранить жизнь животного в качестве до-

машнего любимца, а разработанная стратегия реабилитации - повысить уровень благополучия жизни пони в стабилизированном состоянии.

Программа реабилитации животного преследовала следующие цели:

- восстановление функции прооперированной конечности;
- восстановление полноценной самодостаточности животного;
- восстановление двигательной активности.

Успешность описанного метода лечения авторы статьи объясняют следующим:

1. Небольшие размеры и живая масса пони, что позволило избежать негативных последствий от чрезмерного обременения здоровой конечности и существенно облегчить весь процесс реабилитации в целом;

2. Эффективная схема реабилитационных упражнений (лечебная гимнастика), проводок (продолжительность и частота) и массажных процедур, разработанная хирургом для восстановления и формирования физиологически нормальных двигательных функций конечности позволила избежать атрофии мышц и сохранить подвижность суставов, которые не были ограничены в движении вследствие выполненных хирургических манипуляций (путовый, заплюсневый, коленный), от пользования которыми, однако, животное долгое время старалось воздерживаться, естественным образом стремясь исключить любую, вызывающую боль, деятельность;

3. Применение современных материалов и технологий позволило в короткие сроки создать и реализовать условия, при которых на все время восстановления животному обеспечивалось максимально физиологичное положение травмированной конечности в пространстве. Реализованное техническое решение исключало её перегрузку, минимизировало продолжительность и сложность необходимых манипуляций при работе с животным, а также обладало высокой технологичностью с точки зрения как изготовления, так и монтажа, а в дальнейшем и при выполнении различных манипуляций, вызванных, в том числе и терапевтической необходимостью.

В отношении последнего пункта дополнительно нужно отметить следующее. Для животных, чья физиология базируется на движении, наличие и качество двигательной активности является существенным биологическим стимулятором жизненных функций. Для лошадей и пони качество движения является одной из существенных физиологических потребностей и крайне важно для нормального существования. Движения, по своему характеру максимально приближенные к физиологической норме, всегда работают как оздоровительный фактор – этим, в частности, объясняется и высокая эффективность пассивных движений (например, при выполнении массажа). В период вос-

становления крайне важным оказывается также необходимость обеспечить животному физиологически и анатомически правильную опору с целью предотвратить развитие асимметрии до тех пор, пока не будут реализованы компенсаторные возможности организма, например, за счет наращивания мышечной массы. Существенным эффектом от физических упражнений является повышение не только мышечного, но и эмоционального тонуса, проявляющегося в общем интересе к происходящему вокруг и, как следствие, дополнительному желанию двигаться.

Физическая активность является важным условием быстрого восстановления организма и, выступая как основное средство двигательной реабилитации, должна обеспечивать формирование корректных двигательных стереотипов и создавать условия, при которых будут максимально обеспечиваться мышечная и анатомическая симметрии.

Все сказанное объясняет, почему так важно обеспечить для конечности максимально физиологичные статику и кинетику.

По итогам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная для описываемого клинического случая конструкция составной подковы обеспечила выполнение всех необходимых условий:

- минимальный вес ортеза;
- возможность закрепления без гвоздей (исключена ударная нагрузка, решена проблема тонкой копытной стенки);
- возможность гибкой регулировки высоты ортеза;
- удобство монтажа и возможность легкого и быстрого доступа к подошве копыта.

2. Применение современных материалов позволило добиться всех поставленных целей лечения и существенно повысить как качество, так и удобство выполняемых работ.

3. Опыт, полученный в результате проделанной работы, должен быть учтен в будущих работах, а разработанная кон-

струкция ортеза может быть рекомендована для внедрения в общую практику.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

Полимерные материалы настолько прочно вошли в нашу повседневную жизнь, что без них просто невозможно представить существование современного человека. Изделия из полимеров не просто обеспечивают комфорт повседневного быта, а во многом определяют и возможности развития современных технологий во всех сферах человеческой деятельности, в том числе и в ветеринарии.

Опыт применения полимеров в обувной промышленности, в том числе и для изготовления ортопедической обуви представлен достаточно хорошо [12,13], однако работы, посвященные применению синтетических материалов в ортопедии лошадей и пони в отечественной литературе, полностью отсутствуют. Настоящая работа позволяет частично исключить имеющиеся пробелы.

Приведенная в статье информация дает представление о порядке и объеме работ, выполнение которых необходимо для реализации постоперационных мероприятий на качественно новом уровне, а использование современных материалов позволяет иначе организовать (построить) стратегию лечения животного.

Описанный в работе клинический случай наглядно демонстрирует важность профессионального взаимодействия и служит и хорошим примером профессиональной коллаборации специалистов из различных областей знаний, демонстрируя перспективность дальнейшего сотрудничества при выполнении лечебных мероприятий или исследований, требующих мультидисциплинарного подхода.

Описанная в работе практика показывает возможность и успешность восстановления пони небольшого веса (156 кг) после резекции головки тазобедренного сустава с достаточной для комфортного существования степенью.

#### **EXPERIENCE OF USE OF ORTHOSIS FROM POLYMER MATERIALS IN THE REHABILITATION OF THE SHETLAND PONY AFTER FEMORAL HEAD OSTEOTOMY**

**Korobchuk M. V.** – farrier, PhD in Engineering, specialist in the field of chemistry and technology of monomers and polymers (plastics and rubbers) of organic and organo-element nature, chief specialist Scientific and technical management, St. Petersburg State Institute of Technology, **Karklin A. I.** – practicing veterinarian, post-graduate student of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, **Balashova O.V.** – practicing veterinarian, veterinary surgeon of the State Budgetary Institution "St. Petersburg Veterinary Station"

\*korobchuk\_max@mail.ru

#### **ABSTRACT**

As a rule, due to the physiological characteristics of the functioning of the musculoskeletal system, amputation and prosthetics of the affected limbs of horses and ponies are not performed (for example, in case of fractures of the fetlock, metacarpal, metatarsal, radius or tibia). However, in some cases, modern achievements in the field of materials science make it possible not only to save the animal, but also to provide it with a completely comfortable existence. This is especially important when breeding animals are injured, the euthanasia of which is accompanied by significant economic losses and impoverishes the gene pool of the breeding stock of domestic stud farms. Dislocation of the hip joint in horses is quite rare, but it is a very common disease of the pelvic region. The disease is characterized by displacement of the femoral head from the articular cavity, as well as rupture of the ligaments of the joint and damage to its capsule.

The article contains an information about the successful experience of using modern polymeric materials used in the manufacture of an orthosis designed to compensate the difference in the lengths of the pelvic limbs of a pony that arose after surgical resection of the femoral head. The text of the work includes an epicrisis and a description of the implementation of the design of the orthosis due to it: the elements of the orthopedic structure, the materials used, the timing and cost of manufacturing. The conclu-

sion of the work concludes that the use of orthosis allowed: to significantly improve the quality of veterinary measures carried out; to provide the injured limb with a position as close as possible to the natural physiological one; to reduce the discomfort of the animal caused by the need to forge the injured limb during postoperative recovery. The success of professional collaboration in the implementation of an integrated approach to solving problems arising in the treatment and rehabilitation of animals, as well as in the performance of various interdisciplinary studies, is noted.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковач, М. Ортопедические заболевания лошадей. Современные методы диагностики и лечения. / М. Ковач. - М.: КЛАСС ЭЛИТА, 2017. - 640 с.
2. Практикум по частной хирургии: учебное пособие / А.А. Стекольников, Б.С. Семенов, О.К. Суховольский, Э.И. Веремей - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 352 с.
3. Семенов, Б.С. Оперативная хирургия у животных / Б.С. Семенов, В.Н. Виденин, А.Ю.Нечаев, В.А.Гусева., Т.Ш.Кузнецова. - СПб: Лань, 2021.- 704 с.
4. Робинсон, Э. Болезни лошадей. Современные методы лечения / Э. Робинсон. - М.: Аквариум-Принт, 2007. - 1008 с.
5. Garcia-Lopez, J.M., Boudrieau, R.J., Provost, P.J. (2001). Surgical repair of coxofemoral luxation in a horse. Journal of the American Veterinary Medical Association, 219(9), 1254–1227.
6. Kuemmerle, J.M., Fürst, A.E. (2011). Treatment of a coxofemoral luxation in a pony using a prosthetic capsule technique. Veterinary surgery: VS, 40(5), 631–635.
7. Ludwig, E.K., Byron, C.R. (2017). Femoral head ostectomy and medial patellar ligament desmotomy to treat a pregnant miniature horse with coxofemoral joint luxation and upward fixation of the patella. The Canadian veterinary journal, 58(5), 498–502.
8. Sprick, M., Koch, C. (2020). Successful Treatment of a Coxofemoral Luxation in a Shetland Pony by Closed Reduction and

Prolonged Immobilization Using a Full-Body Animal Rescue Sling. Case reports in veterinary medicine, 2020, 2424653.

9. Лангенбахер, Л.Э. Теорияковки. Курс учебной кузницы офицерской кавалерийской школы (репринтное издание) / Л.Э. Лангенбахер. - М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. - 112 с.
10. Морозов, Е.М. ANSYS в руках инженера: механика разрушения / Е.М. Морозов, А.Ю. Муйземнек, А.С. Шадский. - М.: ЛЕНАНД, 2010. - 456 с.
11. Любартович, С.А. Реакционное формирование полиуретанов / С.А. Любартович, Ю.Л. Морозов, О.Б. Третьяков. - М.: «Химия», 1990. - 288 с.
12. Карабанов, П.С. Полимерные материалы для деталей низа обуви / П.С. Карабанов, А.П. Жихарев, В.С. Белгородский - М.: КолосС, 2008. - 167 с.
13. Никитина, Л.Л. Современные полимерные материалы, применяемые для низа обуви / Л.Л. Никитина, Г.И. Гарипова, О.Е. Гаврилова // Вестник технологического университета. - 2011. - Т. 14, №6 - С.150-155.

### REFERENCES

1. Kovacs, M. Orthopedic diseases of horses. Modern methods of diagnostics and treatment. / M. Kovacs. - M.: KCLASS ELITE, 2017. - 640 p. (In Russ.)
2. Workshop on private surgery: textbook / A.A. Stekolnikov, B.S. Semenov, O.K. Sukhovolsky, E.I. Veremey - St. Petersburg: Lan, 2021. - 352 p. (In Russ.)
3. Semenov, B.S. Operative surgery in animals / B.S. Semenov, V.N. Videnin, A.Yu. Nechaev, V.A. Guseva., T.Sh. Kuznetsova. - St. Petersburg: Lan, 2021. - 704 p. (In Russ.)
4. Robinson, E. Diseases of horses. Modern methods of treatment / E. Robinson. - M.: Aquarium-Print, 2007. - 1008 p. (In Russ.)
5. Garcia-Lopez, J.M., Boudrieau, R.J., Provost, P.J. (2001). Surgical repair of coxofemoral luxation in a horse. Journal of the American Veterinary Medical Association, 219(9), 1254–1227.
6. Kuemmerle, J.M., Fürst, A.E. (2011). Treatment of a coxofemoral luxation in a



- pony using a prosthetic capsule technique. Veterinary surgery: VS, 40(5), 631–635.
7. Ludwig, E.K., Byron, C.R. (2017). Femoral head ostectomy and medial patellar ligament desmotomy to treat a pregnant miniature horse with coxofemoral joint luxation and upward fixation of the patella. The Canadian veterinary journal, 58(5), 498–502.
8. Sprick, M., Koch, C. (2020). Successful Treatment of a Coxofemoral Luxation in a Shetland Pony by Closed Reduction and Prolonged Immobilization Using a Full-Body Animal Rescue Sling. Case reports in veterinary medicine, 2020, 2424653.
9. Langenbacher, L.E. Forging theory. The course of the training forge of the officer cavalry school (reprint edition) / L.E. Langenbacher. - M.: "LIBROKOM", 2011. - 112 p. (In Russ.)
10. Morozov, E.M. ANSYS in the hands of an engineer: fracture mechanics / E.M. Morozov, A.Yu. Muizemnek, A.S. Shadsky. - M.: LENAND, 2010. - 456 p. (In Russ.)
11. Lyubartovich, S.A. Reaction molding of polyurethanes / S.A. Lyubartovich, Yu.L. Morozov, O.B. Tretyakov. - M.: "Chemistry", 1990. - 288 p. (In Russ.)
12. Karabanov, P.S. Polymeric materials for shoe bottom parts / P.S. Karabanov, A.P. Zhikharev, V.S. Belgorodsky - M.: KolosS, 2008. - 167 p. (In Russ.)
13. Nikitina, L.L. Modern polymeric materials used for the bottom of shoes / L.L. Nikitina, G.I. Garipova, O.E. Gavrilova // Bulletin of the Technological University. - 2011. - V. 14, No. 6 - S.150-155. (In Russ.)

УДК: 619:616.71-001.5:619:616-089.168.1:636.028  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.350

## КОНСОЛИДАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ПРИ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОМ ОСТЕОСИНТЕЗЕ У КРЫС ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЛЛАПАНА-Л И ТИМОГЕНА

Искалиев Е.А. – ассистент кафедры ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА»,  
Стекольников А.А. – д-р ветеринар. наук, профессор, академик РАН ФГБОУ ВО  
«Санкт Петербургский ГУВМ», Решетняк В.В. \* – канд. ветеринар. наук, доцент,  
Бурдейный В.В. – д-р ветеринар. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Костромская  
ГСХА»

\*resh\_vv76@mail.ru

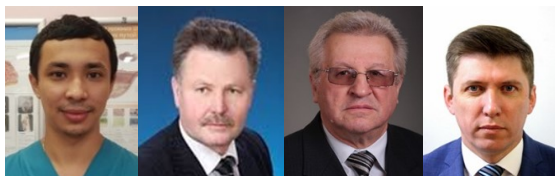
**Ключевые слова:** крысы, остеосинтез, костная мозоль.

**Keywords:** rats, osteosynthesis, callus

Поступила: 04.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты лечения экспериментальных переломов бедренных костей у лабораторных животных (беспородных крыс) на фоне применения биокомпозиционного материала на основе синтетического гидроксиаппатита, коллагена и линкомицина гидрохлорида (коллапан-Л) и иммуностропного препарата из группы синтетических дипептидов (тимоген).

В ходе опыта проведены биохимические, рентгенологические и гистологические исследования. Показано, что в первую неделю после перелома существенных изменений в группах не отмечено, в то время по данным рентгенограмм, за период с 7- по 21-й день показал, что в 1-, 4- и 5-й группах на 14-е сутки процессы репаративного остеогенеза протекали более интенсивно, чем в контрольной, 2- и 3-й подопытных. Данные изменения согласуются с биохимическими анализами крови. Рентгенограммы, полученные на 28-е сутки существенных отличий, не имели. На 45-е сутки после операции, процессы образования костной мозоли в группе, где применяли оба препарата одновременно, причем тимогена сразу после операции, протекали более выражено, по сравнению с другими. Так, на рентгенограммах линия перелома была едва заметна, что указывает на более активно протекающие процессы остеогенеза. Данные предположения согласуются с уровнем содержания кальция в сыворотке крови, а также с гистологическими исследованиями. Так, на 45-е сутки после операции костная мозоль состояла на  $60,2 \pm 2,1\%$  из костной ткани, превышал на 4,9% показатели в контроле и на 9,39% – к воздействию механического фактора – на разрыв.

Таким образом, результаты проведенных исследований у крыс с переломами бедренной кости в эксперименте позволили установить, что сочетанное применение испытуемых препаратов в 4-й подопытной группе способствует более интенсивному процессу репаративного остеогенеза.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Серьезной проблемой как в гуманной, так и в ветеринарной медицине в травматологии и ортопедии является разработка новых способов стимуляции процессов заживления костной ткани.

По данным ряда авторов, наиболее часто при этом регистрируют замедленное сращение костных отломков и формирование ложных суставов [4, 5, 11].

В настоящее время существует широкий спектр различных методов, направленных на профилактику осложнений и повышение эффективности послеоперационного лечения. Перспективным приемом в этом направлении является включение в комплекс терапевтических мероприятий биокомпозиционных материалов. [1, 2]. Также известно, что любая травма сопровождается не только морфофункциональными изменениями, но и нарушением работы различных систем организма, в частности иммунной. О целесообразности применения иммунокорректоров в подобных случаях сообщает ряд авторов [3, 9].

Основываясь на изученных материалах, мы предположили о возможности сочетанного использования указанных препаратов. По нашему мнению, их применение при данной патологии повысит эффективность послеоперационной терапии за счет разнонаправленных механизмов действия. В доступной литературе сообщения об этом отсутствуют. В связи с этим нами были проведены опыты с положительными результатами, учтенных по данным клинических показателей, результатов гематологических и биохимических исследований, а также по определению устойчивости костной мозоли к воздействию механического фактора на разрыв [6, 7].

Известно, что весьма объективным способом в травматологии является рентгенография, позволяющая оценить процессы изменения костного метаболизма в виде снижения костной массы [5].

В связи с этим, перед нами стояла цель - изучить динамику консолидации экспериментальных переломов у лабора-

торных животных (беспородных крыс) на основе рентгенологических данных при различных способах применения двух препаратов: из группы биокомпозитных материалов – коллапана - Л и иммунокорректоров – тимогена.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Эксперименты проведены на базе клинико-диагностического центра ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, рентгенологические исследования в городской СББЖ на аппарате диагностическом переносном 10Л6-01 системы цифровой радиографии вита GR (США). При обсуждении результатов работы также использованы данные исследования сыворотки крови, определения устойчивости костной мозоли к механическому воздействию (на разрыв), изложенные в более ранних сообщениях [6, 7, 8].

Опыты выполнены на 48 беспородных крысах, распределенных на шесть групп (n=8 в каждой). Их содержали в виварии в одинаковых условиях на стандартном пищевом рационе в соответствии с «Европейской директивой 2010/63/ЕС по защите животных, используемых в научных целях» и межгосударственным стандартом ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур».

Всем животным под комбинированным наркозом моделировали простой поперечный перелом диафизарного сегмента бедренной кости с последующей фиксацией костных отломков (интрамедуллярный остеосинтез).

Во время репозиции дефект между отломками в 1, 4 и 5-й подопытных группах на 2/3 заполняли гранулами коллапана-Л, предварительно смоченные стерильным изотоническим раствором натрия хлорида, а в послеоперационный период вводили в течение 5 дней во 2 и 4-й подопытных группах сразу, а в 3 и 5-й – на пятый день – тимоген в дозе 10 мкг на 1 кг живой массы

Для оценки правильности репозиции костных отломков и темпов консолида-

ции экспериментальных переломов сразу после операции, а затем на 7-, 14-, 21-, 28- и 45-й день проводили рентгенологические исследования. Животных выводили из опыта после эвтаназии диоксидом углерода на 45-е сутки, с последующим отбором материала для гистологических исследований.

Прочность костной мозоли (в Ньюто-

нах) определяли на разрывной машине ИР-5046-05. Расчет проводили по соотношению нагрузки кости больной конечности к здоровой, выраженной в процентах, а разницу между группами – по отношению к контролю.

Дизайн исследований представлен на рисунке 1.



Рис. 1 – Дизайн исследования

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Данные рентгенологических исследований, выполненных после операции по репозиции костных отломков, представлены на рисунке 2.

При анализе рентгенограмм установлено, что сразу после операции на снимках у животных всех групп прослеживалась линия простого поперечного перелома диафизарного сегмента бедренной кости, отломки которой были иммобилизованы внутрикостными штифтами.

При оценке результатов, полученных на 7-е сутки, признаки консолидации отсутствовали при четкой визуализации линии перелома.

Данные, полученные при анализе

рентгенограмм в период со второй по третью неделю после операции, свидетельствовали о том, что контуры отломков сохраняли прерывистость. Одновременно с этим регистрировали также наличие периостальной краевой реакции в 1-, 4- и 5-й группах на 14-е сутки, а в остальных - контрольной, 2- и 3-й подопытных на неделю позже (рис.3.). Результаты рентгенограмм (исключая 5-ю группу) во многом согласовывались с динамикой содержания кальция в сыворотке крови [6]. Так, после гипокальциемии в 1-, 2- и 3-й подопытных или близких по значению к исходным показателям в контрольной и 4-й подопытной менее выраженную тенденцию к повышению кальция отмечали как на 14-е, так и 21-е сутки экспе-

римента в группах: контрольной – на 1,78 и 15,56; подопытных – 1- и 4-й – на 6,81; 11,06 и 3,70; 14,35 % соответственно. По-видимому, это могло быть обусловлено активацией остеокластов, которые проявляли активное участие в резорбции поврежденных участков кости. Подобной точки зрения придерживались также Бочкарева В.В. и соавт.[2]. В остальных подопытных группах в указанные сроки концентрация кальция отличалась возраста-

нием его значений на 14,10 и 18,06% – во 2-й; 23,08 и 32,82% – в 3-й.

На 28-е сутки на рентгенограммах существенных различий по сравнению с предыдущим исследованием не регистрировали.

Результаты, полученные при рентгенологическом исследовании кости крыс на 45-е сутки эксперимента, представлены на рисунке 4.

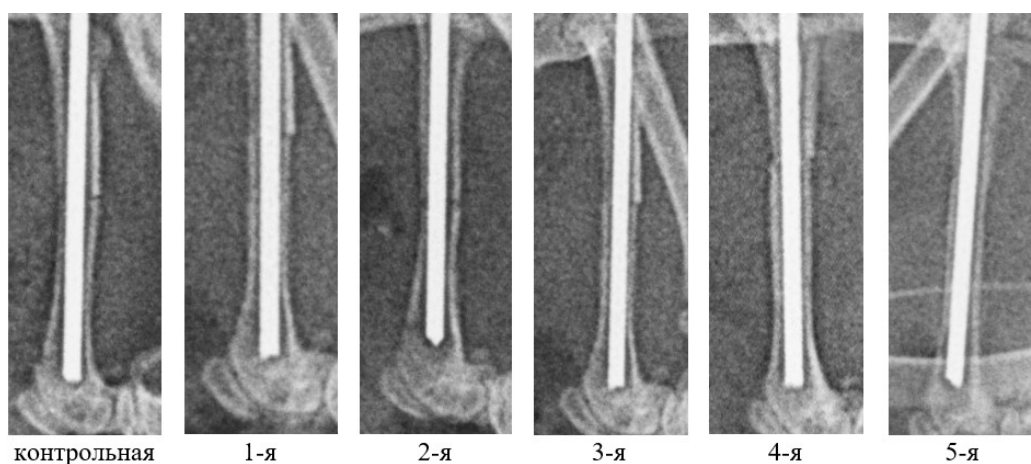


Рис. 2 – Рентгенограмма бедренной кости крыс сразу после операции

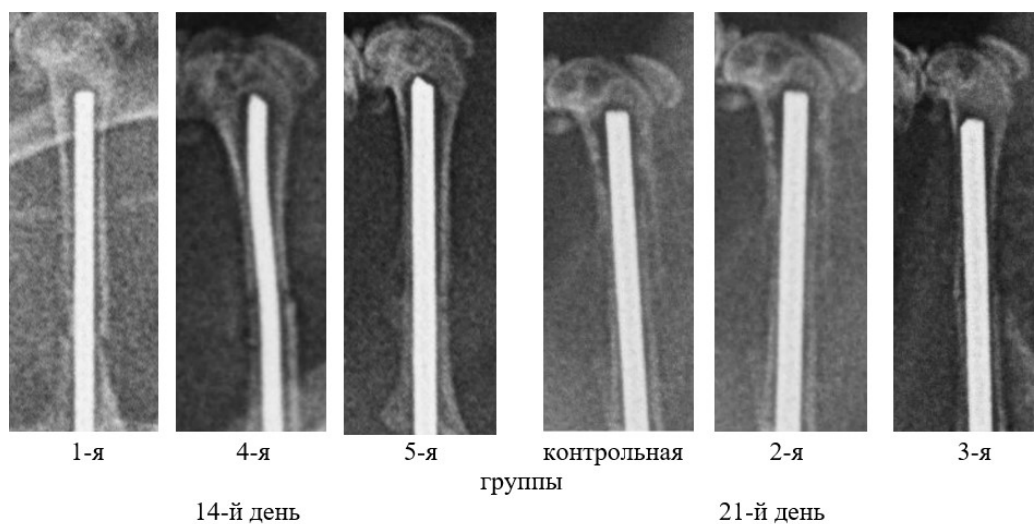


Рис. 3 – Рентгенограмма бедренной кости крыс на 14- и 21-е сутки.



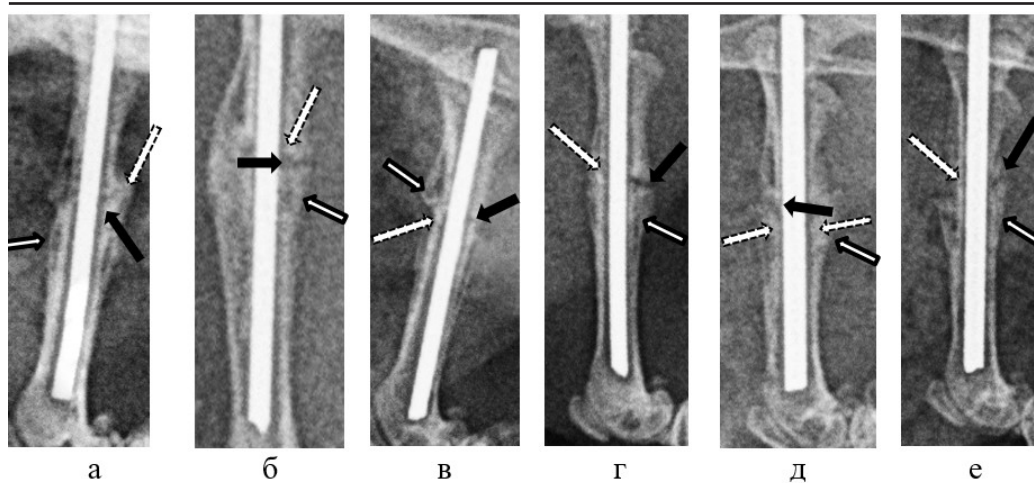


Рис. 4 – Рентгенограмма бедренной кости крыс на 45-е сутки после перелома.  
(Примечание: 1 – группы: а, б, в, г, д, е; контрольная, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-я подопытные, соответственно; 2 – линия перелома; – формирование пластинчатой кости;  
– костная мозоль)

Установлено, что в контрольной группе крыс сформированная периостальная мозоль была веретенообразной формы и имела неоднородную структуру. Это проявлялось различной рентгеноконтрастностью, обусловленной, вероятно, процессом ремоделирования вторичной мозоли в костную ткань. Подобные изменения согласуются с данными содержания кальция в сыворотке крови, где было отмечено два пика повышения концентрации с кратковременным снижением между ними – фоновые значения – 21-е  $\uparrow$ , 28 –  $\downarrow$  и 45-е сутки эксперимента:  $2,25 \pm 0,08$  –  $2,60 \pm 0,09$  ( $P \leq 0,05$ ) –  $2,39 \pm 0,10$   $2,66 \pm 0,08$  ммоль/л. По мнению Бочкарева В.В. и соавт. [2] повторное увеличение уровня кальция, вероятно, является свидетельством перестройки костной мозоли. Подтверждением этому свидетельствуют результаты, полученные при гистологическом исследовании. Так, на 45-е сутки костная мозоль у животных контрольной группы состояла из костной ( $55,3 \pm 4,8\%$ ), хрящевой ( $14,4 \pm 1,2\%$ ), соединительной ( $30,3 \pm 2,4\%$ ) тканей [8].

Одновременно с этим на рентгеновских снимках между отломками кости прослеживается линия перелома, которая,

согласно результатам гистологических исследований, состояла из хаотично ориентированных костных пластинок с большим количеством фибробластов на поверхности.

Такое соотношение тканей на 45-е сутки у животных контрольной группы позволило восстановить предельную нагрузку пораженной кости по отношению к intactным на  $48,47\%$ .

В 1-й подопытной группе консолидация костных отломков протекала также путем формирования периостальной костной мозоли, которая согласно данным гистологических исследований к концу опыта состояла из костной ( $42,43 \pm 3,62\%$ ), хрящевой ( $15,77 \pm 1,41\%$ ) и соединительной ( $41,91 \pm 3,67\%$ ) тканей. Такая структура мозоли, по-видимому, обусловлена ее ремоделированием в костную ткань.

Это подтверждает также и повышение уровня кальция на 45-е сутки с  $2,83 \pm 0,15$  ммоль/л по отношению к 28-м до  $2,42 \pm 0,06$  ммоль/л. По сравнению с контролем между отломками кости более четко прослеживается линия перелома. Это обусловлено тем, что по данным гистологического исследования интерме-

диарная зона состояла из пучков крупноячеистой губчатой костной ткани. Такая схема применения коллапана-Л позволила восстановить предельную нагрузку травмированной кости на разрыв по отношению к интактной на 50,0%, что по отношению к контролю было выше на 3,16%.

Можно предположить, что более высокая устойчивость костной мозоли в эксперименте в 1-й подопытной группе в сравнении с контролем объясняется тем, что несмотря на преобладание костной ткани в контроле, она представлена хаотично расположенными костными пластинками, т.е. она еще морфологически не сформирована («незрелая») и не обладает высокой устойчивостью на растяжение (разрыв). Более высокое содержание соединительной ткани в 1-й подопытной группе, которая представлена плотной оформленной соединительной тканью, состоящей из коллагеновых и частично оссеиновых волокон, соединяющих отломки костей, придает высокую устойчивость на растяжение (разрыв).

Во 2-й подопытной группе костная мозоль была менее выраженной. Кроме того, на снимках четко прослеживается линия перелома. По-видимому, это обусловлено тем, что в данный период структура мозоли была представлена плотной оформленной волокнистой соединительной тканью. При этом по линии перелома в отличие от контроля регистрировали беспорядочно ориентированные костные пластинки. Устойчивость кости костной мозоли к механическому воздействию по отношению к контролю была ниже на 10,83%.

В 3-й подопытной группе заживление проходило путем формирования периостальной мозоли с неоднородной рентгеноконтрастностью, обусловленной тем, что она хорошо была выражена грубоволокнистой соединительной тканью с небольшим количеством костных пластинок, имеющих незрелый характер. Второе увеличение концентрации кальция в сыворотке крови на 45-е по отношению к 28-м было менее выражено на

уровне 4,62% против 11,3% в контроле. Кроме того, предельная нагрузка на разрыв у животных этой группы была ниже по отношению к контролю на 7,37%.

Результаты, полученные во 2 и 3 подопытных группах, указывает на низкую эффективность применения иммуностимулятора при данной патологии, что согласуется с результатами, полученными Стекольниковым А.А. и соавт. [10].

В 4-й подопытной группе, где применяли комбинацию препаратов коллапана-Л и тимогена сразу после операции, установлено наличие периостальной мозоли, которая по данным патоморфологического исследования на  $60,2 \pm 2,1\%$  состояла из костной ткани, что достоверно превышало показатели контрольной группы ( $P \leq 0,05$ ). Линия перелома вследствие заполнения пространства между костными отломками хрящевой тканью с включениями костной, была едва заметна на рентгеновских снимках. Такая картина указывает на более активно протекающие процессы остеогенеза, что подтверждено данными по определению содержания кальция в сыворотке крови. Так, первое повышение его концентрации отмечено на 7-е сутки после оперативного периода и после незначительное снижение его на 14-е, с положительной динамикой с 21-х до конца опыта. При этом, устойчивость к механической нагрузке (на разрыв) была на 9,39% выше, чем в контроле.

Результаты, полученные в 5-й подопытной группе, были близки к показателям 2- и 3-й.

Анализ данных, полученных на 45-е сутки (рис. 4), свидетельствует о том, что во всех группах, как в контрольной, так и подопытных, процесс заживления костной ткани протекал по вторичному типу, сопровождаясь при этом формированием периостальной костной мозоли. Такая картина, по-видимому, обусловлена интрамедуллярным способом фиксации костных отломков. По мнению Маланина Д.А. и соавт. [4] в подобных случаях это вызывает нарушение костномозгового кровоснабжения кортикального слоя кости, что в свою очередь активизирует со-

судистый компонент надкостницы и окружающих мягких тканей. Кроме того, как сообщают Justin N. Williamset. al. [12], введение металлического стержня в интрамедуллярный канал допускает незначительную ротацию отломков поврежденной кости.

Таким образом, на основании рентгенологических исследований можно констатировать, что наиболее интенсивно процессы репаративного остеогенеза протекали в 4- и 1-й подопытных, в меньшей степени в контрольной группах. В них регистрировали более раннее созревание и начало процессов ремоделирования костной мозоли, что подтверждается результатами гистологических исследований и определения устойчивости к механической нагрузке (на разрыв). Одновременно с этим выявлена взаимосвязь между процессами регенерации с уровнем содержания кальция и показателями кальция – фосфорного соотношения. Как было указано выше, наиболее интенсивно процессы репаративного остеогенеза отмечали в 4- и 1-й подопытных группах. Показатели в остальных группах были ниже, чем в контрольной. Соответственно, увеличение концентрации кальция у крыс на заключительном этапе опыта статистически достоверно превышали исходные значения в 1-й ( $p \leq 0,05$ ) 4-й ( $p \leq 0,001$ ) подопытных, а также контрольной ( $p \leq 0,01$ ). Кроме того, во всех случаях регистрировали два пика повышения уровня содержания кальция. Первый из них приходился на 21-й день, второй на 45-й, за исключением 4-й подопытной, где это отмечали на 7- и 21-е сутки. Показано, что определенное информативное и прогностическое значения может играть учет показателей кальция – фосфорного соотношения на 45-е сутки после операции. Так, регистрация показателя не выше 1,5 Ед, (контрольная, 1- и 4-я подопытная группы) является свидетельством благоприятного течения процессов заживления, в то время как их увеличение свыше 1,6 Ед (2-, 3- и 5-я подопытная) – о неудовлетворительном.

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате рентгенологических исследований костной ткани у крыс с переломами бедренной кости в эксперименте установлено, что применение коллапана-Л на фоне иммунокорригирующего пятидневного курса тимогена, начиная сразу после операции, способствует интенсивному процессу остеогенеза, консолидации отломков кости за счет формирования периостальной мозоли, состоящей на  $60,2 \pm 2,1$  из костной ткани (срок наблюдений 45 суток) и на 9,39% превышающей показатели контрольной группы устойчивости к воздействию механического фактора – на разрыв.

## CONSOLIDATION OF EXPERIMENTAL FRACTURES AGAINST THE BACKGROUND INTRAMEDULLARY OSTEOSYNTHESIS IN RATS USING COLLAPAN-L AND THYMOGEN

**Iskalyev E. A.** - PhD assistant at FSBEI HE "Kostroma State Agricultural Academy", **Stekolnikov A. A.** - Dr. habil. (Vet. Sci.), Full Professor, Active member of the Russian Academy of Sciences (RAS), FSBEI HE "St. Petersburg State University of Veterinary Medicine", **Burdeyniy V.V.** - Dr. habil. (Vet. Sci.), Full Professor at FSBEI HE "Kostroma State Agricultural Academy", **Reshetnyak V.V.**, PhD (Vet. Sci.), Associate Professor at FSBEI HE "Kostroma State Agricultural Academy"

\*resh\_vv76@mail.ru

## ABSTRACT

The article presents the results of treatment of experimental femur fractures of laboratory animals (outbred rats) against the background of the use of a biocomposite material based on synthetic hydroxyapatite, collagen and lincomycin hydrochloride (collapan-L) and an immunotropic drug from the group of synthetic dipeptides (thymogen).

During the experiment, biochemical, radiological and histological studies were carried out. It was shown that during the first week after the fracture, there were no significant changes in the groups. While for the period from 7 to 21 days (according to X-ray

data), processes of reparative osteogenesis proceeded more intensively (on the 14th day) in the 1<sup>st</sup>, 4<sup>th</sup>, and 5<sup>th</sup> groups than it did in the control, and 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> experimental groups. These changes are consistent with biochemical blood tests. The radiographs obtained on the 28<sup>th</sup> day had no significant differences.

On the 45<sup>th</sup> day after the surgery, the fibrocartilage callus forming in the group where both drugs were used simultaneously (thymogen – immediately after the surgery) proceeded more pronouncedly compared to other groups. Thus, on radiographs, the fracture line was barely noticeable, which indicates more actively occurring processes of osteogenesis. These assumptions are also consistent with the level of calcium in the blood serum, as well as with histological studies. Thus, on the 45<sup>th</sup> day after the surgery, the fibrocartilage callus consisted of  $60.2 \pm 2.1\%$  of bone tissue, which was 4.9% higher than in the control group and 9.39% higher than the impact of the mechanical factor (rupture resistance).

Thus, the results of the studies on rats with experimental femoral fractures made it possible to establish that the combined use of the tested drugs contributes to a more intensive process of reparative osteogenesis (in the 4<sup>th</sup> experimental group).

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Берченко Г.Н. Биология заживления переломов кости и влияние биокомпозиционного наноструктурированного материала КОЛЛАПАН на активизацию репаративного остеогенеза // Медицинский алфавит. Больница. – 2011. – №1. С.12-17/
2. Бочкарев В.В. Применение материала для замещения костной ткани на основе гидроксиапатита при оперативном лечении собак «карликовых» пород с переломами костей предплечья. /В.В. Бочкарев, В.Н. Виденин, Т.В. Дружинина // Вопросы нормативно – правового регулирования в ветеринарии, 2015.- №3.- С 118-122.
3. Ватников, Ю. А. Структурная и функциональная организация репаративного остеогенеза у животных (Экспериментальные и клинические ис-

следования): специальность 16.00.02: автореф. дис. ... д-ра вет. наук / Ватников Юрий Анатольевич. – Москва, 2004. – 38 с.

4. Кожушко, П. С. Клинико-морфологическое обоснование лечения несращений отломков костей предплечья у собак карликовых пород: специальность 06.02.01 "Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Кожушко Павел Сергеевич. – Москва, 2014. – 22 с. – EDN ZPMSDV.

5. Осложнения при лечении переломов - замедленно срастающийся и несросшийся перелом, ложный сустав: учебное пособие / Д. А. Маланин, В. Б. Писарев, В. В. Новочадов, Л. Л. Черезов. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2007. – 79 с.

6. Особенности метаболизма у крыс при переломах бедренной кости на фоне иммунокоррекции и применения биокомпозиционного материала. Сообщение 2. Динамика показателей ферментного и минерального обменов / В. В. Решетняк, В. В. Бурдейный, А. А. Стекольников, Е. А. Искалиев // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 1. – С. 187-196.

7. Патент № 2755513 С1 Российская Федерация, МПК G09B 23/28, A61B 17/56. Способ лечения открытого перелома трубчатой кости в эксперименте: № 2020137958: заявл. 18.11.2020: опубл. 16.09.2021 / В. В. Решетняк, Е. А. Искалиев, В. В. Бурдейный, Н. М. Попов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия".

8. Репаративный гистогенез костной ткани при переломах бедренной кости у крыс при использовании биокомпозиционного материала на фоне иммунокоррекции / В. В. Решетняк, В. В. Бурдейный, В. В. Пронин, Е. А. Искалиев // Ветеринария сегодня. – 2021. – № 3(37). – С. 248-253. – DOI 10.29326/2304-196X-2021-3-38-248-

253.

9. Сахно Н.В. Иммунная реактивность организма собак на травму трубчатых костей и имплантацию металлических фиксаторов. // Ветеринарная патология, 2010. – №1. – С. 81 – 84.

10. Стекольников, А. А. Определение эффективности ранозаживляющего действия иммуномодулятора РВ-2 у белых мышей / А. А. Стекольников, В. В. Решетняк, В. В. Бурдейный // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – № 1. – С. 76-81.

11. Ходжанов, И. Ю. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения несросшихся переломов и ложных суставов костей предплечья / И. Ю. Ходжанов, А. М. Рахимов, А. А. Косимов // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 2. – С. 199-208. – DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-2-199-208.

12. Williams JN, Li Y, ValiyaKambrath A, Sankar U. The Generation of Closed Femoral Fractures in Mice: A Model to Study Bone Healing. J Vis Exp. 2018 Aug 16; (138):58122. doi: 10.3791/58122. PMID: 30176027; PMCID: PMC6128110

## REFERENCES

1. Berchenko G.N. Biology of healing of bone fractures and the effect of the COLLAPAN biocomposite nanostructured material on the activation of reparative osteogenesis // Medical Alphabet. Hospital. - 2011. - №1. pp.12-17(In Russ.)

2. Bochkarev V.V. The use of bone tissue replacement material based on hydroxyapatite in the surgical treatment of dogs of "dwarf" breeds with fractures of the bones of the forearm. /V.V. Bochkarev, V.N. Videnin, T.V. Druzhin-na // Issues of regulatory and legal regulation in veterinary medicine, 2015.- № 3.- P. 118-122. (In Russ.)

3. Vatnikov, Yu. A. Structural and functional organization of reparative osteogenesis in animals (Experimental and clinical studies): specialty 16.00.02: author. dis. ... Dr. vet. Sciences / Vatnikov Yury Anatolievich. - Moscow, 2004. - 38 p. (In Russ.)

4. Kozhushko, P. S. Clinical and morphological substantiation of the treatment of nonun-

ions of forearm bone fragments in dogs of dwarf breeds: specialty 06.02.01 "Diagnostics of diseases and therapy of animals, pathology, oncology and morphology of animals": abstract of the dissertation for the scientific competition degree of candidate of veterinary sciences / Kozhushko Pavel Sergeevich. - Moscow, 2014. - 22 p. – EDN ZPMSDV. (In Russ.)

5. Complications in the treatment of fractures - delayed healing and nonunion fracture, false joint: textbook / D. A. Malanin, V. B. Pisarev, V. V. Novochadov, L. L. Cherezov. - Volgograd: Volgograd State Medical University, 2007. - 79 p. (In Russ.)

6. Features of metabolism in rats with fractures of the femur against the background of immunocorrection and the use of biocomposite material. Communication 2. Dynamics of enzyme and mineral metabolism / V. V. Reshetnyak, V. V. Burdeyny, A. A. Stekolnikov, E. A. Iskaliev // International Veterinary Bulletin. - 2021. - № 1. - P. 187-196. (In Russ.)

7. Patent No. 2755513 C1 Russian Federation, IPC G09B 23/28, A61B 17/56. A method for the treatment of an open fracture of a tubular bone in the experiment: No. 2020137958: Appl. 11/18/2020: publ. 09/16/2021 / V. V. Reshetnyak, E. A. Iskaliev, V. V. Burdeiny, N. M. Popov; the applicant is a federal state budgetary educational institution of higher education "Kostroma State Agricultural Academy". (In Russ.)

8. Reshetnyak VV, Burdeiny VV, Pronin VV, Iskaliev EA // Veterinary science today. - 2021. - No. 3(37). – S. 248-253. – DOI 10.29326/2304-196X-2021-3-38-248-253. (In Russ.)

9. Sakhno N.V. Immune reactivity of the organism of dogs to trauma of tubular bones and implantation of metal fixators. // Veterinary pathology, 2010. - No. 1. - P. 81 - 84. (In Russ.)

10. Stekolnikov, A. A., Reshetnyak V. V., Burdeiny V. V. Determination of the effectiveness of the wound healing action of the PB-2 immunomodulator in white mice. Issues of legal regulation in veterinary medicine. - 2018. - № 1. - P. 76-81.



11. Khojanov, I. Yu. Comparative analysis of the results of surgical treatment of nonunited fractures and false joints of the bones of the forearm / I. Yu. Khodzhanov, A. M. Rakhimov, A. A. Kosimov // Orthopedic genius. - 2021. - T. 27. - № 2. - P. 199-208. – DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-2-199-208. (In Russ.)
12. Williams JN, Li Y, ValiyaKambrath A, Sankar U. The Generation of Closed Femoral Fractures in Mice: A Model to Study Bone Healing. J Vis Exp. 2018 Aug 16;(138):58122. doi: 10.3791/58122. PMID: 30176027; PMCID: PMC6128110

УДК: 617.721-007.274:617.713-001.17:619

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.360

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЕРЕДНИХ СИНЕХИЙ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ОЖГОВОЙ РАНЫ РОГОВИЦЫ

**Пилипец Е.Я.** – ветеринарный врач (ORCID: 0000-0002-0735-523X), **Минина А.О.** – к.вет.н., доцент кафедры общей, частной и оперативной хирургии (ORCID: 0000-0002-4176-4053), **Бокарев А.В.** – д.вет.н., доцент кафедры общей, частной и оперативной хирургии (ORCID: 0000-0002-4623-5388).

ФГБОУ ВО СПбГУВМ

\*p.elizaveta99@gmail.com

**Ключевые слова:** крысы, ожоговая травма, роговица, кератит, синехии, неоваскуляризация.

**Keywords:** rats, burn injury, cornea, keratitis, synechia, neovascularization.

Поступила: 04.05.2023

Принята к публикации: 29.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Задачей данного исследования было определить взаимосвязь возникновения передних синехий и локализации ожоговой раны роговицы. Для этого было отобрано 10 самцов крыс линии «Вистар», годовалого возраста, со средней массой 200 грамм (две опытные группы по 5 крыс в каждой). Раны наносили животным, введенным в севофлурановый наркоз, путем прикосновения к роговице наконечника медного стержня, имеющего 1.0 мм в диаметре и нагретого до  $t = 480-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Необходимая степень ожога достигалась временем контакта термического источника с роговицей и контролировалась визуально при увеличении в 4-6 раз. Для местного обезболивания использовали 10% раствор лидокаина. Для выведения радужной оболочки из зоны воздействия флогогена использовали 1.0% раствор атропина. Крысам в первой опытной группе раны роговицы наносили в центральной области, крысам второй опытной группы – в области проекции радужной оболочки. Наблюдение проводили в течение трех недель с постоянным мониторингом и фотодокументацией состояния ран при помощи микроскопа «Jingleszen 315W» при увеличении  $\times 6.0$ . Исследование проводили до закапывания атропина и через 10 минут после.

Проведенный эксперимент показал, что значительные различия течения раневого процесса наблюдались к 15 дню, в опытной группе 1 передние синехии отсутствуют, в то время как у животных в опытной группе 2 реакция радужной оболочки на атропин показывает неспособность равномерного по окружности открытия зрачка, что свидетельствует о наличии спаечного процесса.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что вероятность развития иридокорнеальных синехий зависит от места развития воспалительного процесса на роговице.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Термическая ожоговая травма возникает при местном воздействии высокой температуры на ткани организма. Непосредственно в зоне воздействия термического фактора происходит некроз тканей, после чего возникает острая воспалительная реакция [1]. Так же, в месте локализации ожоговой раны нарушается иннервация и васкуляризация, в связи с повреждением нервных окончаний и сосудов [2].

Посттравматическое воспаление роговицы имеет свои особенности, обусловленные отсутствием в ней кровеносных сосудов, и появлением их через некоторое время после травмы.

Сильное воспаление роговицы может осложняться образованием передних (иридокорнеальных) синехий. Классический патогенез таких синехий связан с тем, что при воспалении происходит выпот в переднюю камеру глаза экссудата, содержащего фибрин [3].

Фибрин образует спайки между роговицей и радужной оболочкой. Однако, по причине того, что роговица не имеет сосудов, такой механизм характерен, по большей части, для ситуаций, когда первичный травмирующий фактор способен повреждать не только роговицу, но и радужную оболочку [4].

Тем не менее, как показывает практика, передние синехии могут образовываться и в тех случаях, когда повреждение роговицы затрагивает только верхние ее слои [5, 6]. И первичное повреждение радужной оболочки отсутствует.

Например, как показали наши исследования, подобная ситуация наблюдается при термическом ожоге второй степени [1].

Учитывая, что при травмах такого вида возможность быстрого вовлечения в патологический процесс радужной оболочки возможен только в случае ее тесного контакта с роговицей возникает закономерный вопрос, зависит ли вероятность развития передних синехий при посттравматическом кератите от места локального повреждения роговицы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследование проводили на крысах линии Вистар. В эксперименте было использовано 10 годовалых самцов массой 180–220 грамм. Всем животным наносили ожог роговицы 2 степени (повреждение эпителия и стромы). Ожог наносили путем прикосновения к роговице наконечника медного стержня, имеющего 1.0 мм в диаметре и нагретого до  $t = 480-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Необходимая степень ожога достигалась временем контакта термического источника с роговицей и контролировалась визуально при увеличении в 4-6 раз.

Животные были разделены на две группы. Первой группе (5 животных) ожог наносили в центральной части роговицы (Рисунок 1 А). Второй группе (5 животных) ожог наносили на роговицу в области проекции края радужной оболочки (Рисунок 1 Б). Перед нанесением ожога животных вводили в наркоз препаратом «Севофлуран». Предварительно местное обезболивание роговицы осуществляли путем закапывания 10% раствора лидокаина. За 10-15 минут до нанесения ожога подопытным животным также закапывали 1.0% раствор атропина. Целью использования атропина было выведение радужной оболочки из центральной области роговицы. За животными вели наблюдение на протяжении 3 недель. Дальнейший мониторинг и оценку животных проводили под севофлурановым наркозом. Роговицу и радужную оболочку визуализировали и фотодокументировали при помощи микроскопа «jingleszcn 315W» при увеличении  $\times 6.0$  подключенного к компьютеру. Исследование проводили до закапывания атропина и через 10 минут после.

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Как было сказано выше, первой группе животных ожог наносили в центральной части роговицы (Рисунок 1 А). Второй группе ожог наносили на роговицу в области проекции края радужной оболочки (Рисунок 1 Б).

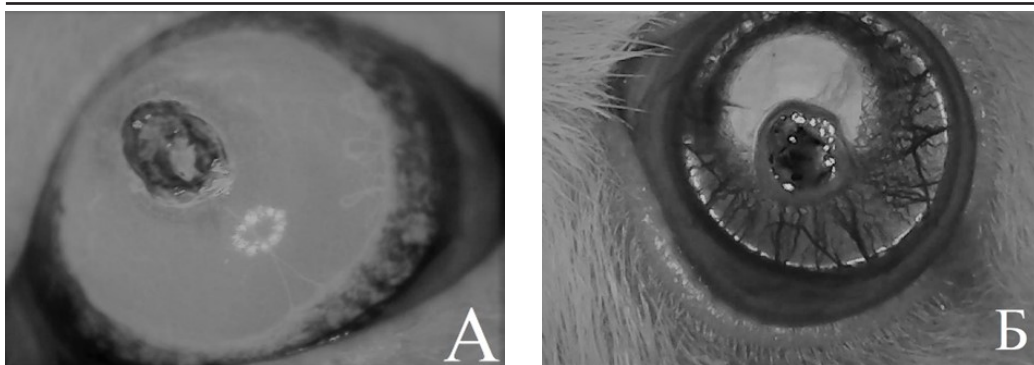


Рис. 1 Внешний вид ожоговой раны: А – нанесенной в центре роговицы. Б – нанесенной в области проекции зрачкового края радужной оболочки.

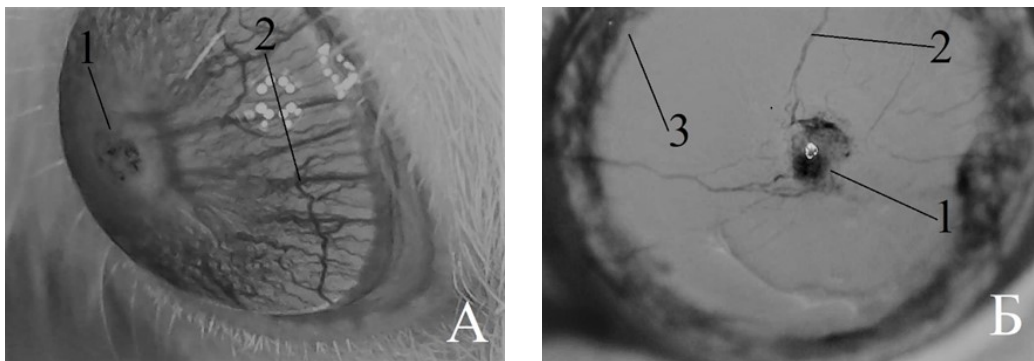


Рис. 2 Внешний вид ожоговой раны роговицы в первой группе животных: А – внешний вид воспалительной реакция роговицы на третий день после нанесения ожога в центральной части. Выражены признаки гиперемии сосудов радужной оболочки; Б – заживление повреждения роговицы на 15 день после нанесения центрального ожога (выраженная васкуляризация стромы при отсутствии синехий).

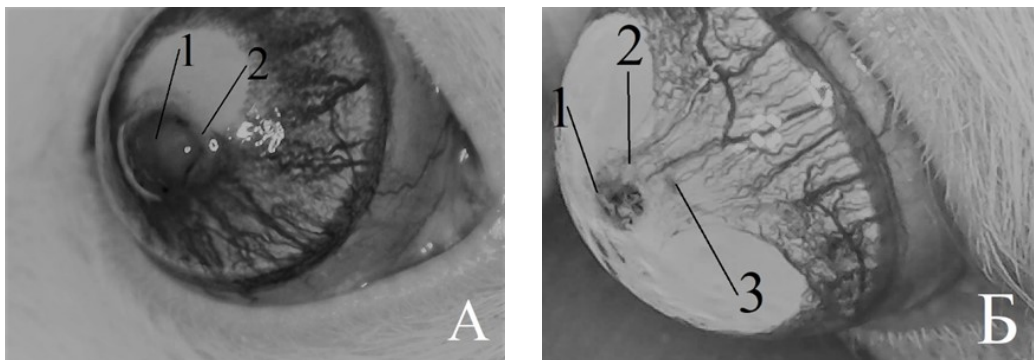


Рис. 3 Внешний вид ожоговой раны роговицы во второй группе животных: А – внешний вид воспалительной реакция роговицы на третий день после нанесения ожога в периферической части. Выражены признаки гиперемии сосудов радужной оболочки; Б – заживление повреждения роговицы на 15 день после нанесения центрального ожога (выраженная васкуляризация стромы и наличие синехий).

Показано, что признаки воспаления в первой и второй экспериментальных группах сходны и выражаются в образовании воспалительного отека роговицы (Рисунок 2А (1); Рисунок 3А (1)) и гиперемии сосудов радужной оболочки (Рисунок 2А (2); Рисунок 3А (2)). В то же время, исходы воспалительной реакции, индуцированные термической травмой, в экспериментальных группах отличаются.

У животных в первой экспериментальной группе к 15 дню на фоне уменьшения раневого дефекта (Рисунок 2Б (1)) сохраняется васкуляризация роговицы (Рисунок 2Б (2)). В то же время, реакция радужной оболочки на атропин показывает полностью открытый зрачок (Рисунок 2Б (3)). Что свидетельствует об отсутствии спаечного процесса между радужной оболочкой и роговицей (передние синехии).

У животных второй экспериментальной группы к 15 дню на фоне уменьшения раневого дефекта (Рисунок 3Б (1)) также сохраняется васкуляризация роговицы (Рисунок 3Б (2)). Но, в отличие от первой группы экспериментальных животных, реакция радужной оболочки на атропин свидетельствует о неспособности равномерного открытия зрачка по окружности (Рисунок 3Б (3)). Последнее свидетельствует о наличии спаечного процесса между радужной оболочкой и роговицей (передние синехии).

#### ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что вероятность развития передних синехий зависит от места развития воспалительного процесса на роговице. Учитывая, что при ожоге роговицы второй степени воспалительный процесс распространяется на всю ее толщу, и то, что синехии образуются в том случае, когда воспаление локализуется в области проекции зрачкового края радужной оболочки, можно сделать вывод, что для образования передних синехий необходима иррадиация воспалительной реакции с роговицы на радужку и образование между ними физического контакта спаечного процесса.

Также предполагаем, что у крыс второй опытной группы, плохое расширение зрачка на фоне инстилляции 1% раствора атропина связано, в том числе, и с острым воспалительным процессом последней. При увеитах, связанных с воспалением радужной оболочки наблюдается миоз зрачкового отверстия вследствие переполненности кровью сосудов радужной оболочки, которые расположены радиально, за счет этого ее поверхность увеличивается и зрачок сужается.

Полученные данные расширяют наши знания о патогенезе передних синехий, дают новые научно обоснованные ориентиры для их профилактики, а также позволяют использовать данные модели для дальнейшего изучения способов лечения ожоговых ран роговицы с синехиями и без них.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

По результатам наших исследований можно сделать вывод, что при термическом ожоговом повреждении роговицы в центральной части роговицы, радужная оболочка не вовлекается в процесс и передние синехии не образуются, в отличие от ран, наносимых в области проекции края радужной оболочки, при которых наблюдались спаечные процессы в виде иридокорнеальных синехий.

Данная методика нанесения ожоговых ран роговицы может быть использована для моделирования воспалительного процесса и его дальнейшего изучения, лечения и профилактики.

#### THE RELATIONSHIP BETWEEN THE OCCURRENCE OF ANTERIOR SYNECHIAE AND LOCALIZATION OF A BURN WOUND OF THE CORNEA

**Pilipets E. Ya.** \*, veterinary doctor; **Minina A.O.** , Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of General, Private and Operative Surgery; **Bokarev A.V.** , Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of General, Private and Operative Surgery; Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State University of Veterinary Medicine"

\* p.elizaveta99@gmail.com



## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the relationship between the occurrence of anterior synechiae and the localization of a burn wound of the cornea. For this purpose, 10 male Wistar rats were selected, one year old, with an average weight of 200 grams (two experimental groups of 5 rats each). Wounds were inflicted on animals injected into sevoflurane anesthesia by touching the cornea with the tip of a copper rod having 1.0 mm in diameter and heated to  $t = 480-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . The required degree of burn was achieved by the time of contact of the thermal source with the cornea and was monitored visually with an increase of 4-6 times. A 10% lidocaine solution was used for local anesthesia. 1.0% atropine solution was used to remove the iris from the zone of phlogogen exposure. Corneal wounds were inflicted on rats in the first experimental group in the central region, and on rats in the second experimental group in the projection area of the iris.

The observation was carried out for three weeks with constant monitoring and photo-documentation of the wound condition using a microscope "jingleszcn 315W" at magnification  $\times 6.0$ . The study was carried out before instillation of atropine and 10.0 minutes after.

The experiment showed that significant differences in the course of the wound process were observed by day 15, there were no anterior synechiae in the experimental group 1, while in animals in the experimental group 2, the reaction of the iris to atropine shows the inability to open the pupil evenly around the circumference, which indicates the presence of an adhesion process.

Thus, the results of the conducted studies have shown that the probability of the development of iridocorneal synechiae depends on the location of the inflammatory process on the cornea.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.

1. Пилипец, Е.Я. Влияние термического ожога роговицы на состояние радужной оболочки / Е.Я. Пилипец, А.В. Бокарев // Материалы 77-й международной научной

конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, посвященной 80-летию прорыва блокады Ленинграда / [ответственный редактор К.В. Племяшов]. - Санкт-Петербург: Из-во СПбГУВМ, 2023. - С. 194-196.

2. Влияние раствора пептидов на процессы ангиогенеза роговицы крыс в эксперименте / А.М. Кодунов, А.В. Терещенко, И.Г. Трифаненкова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. - 2021. - № 2. - С. 314-318.

3. Репаративная регенерация глазной поверхности при моделировании щелочного ожога в экспериментах / В.Н. Канюкова, А.А. Стадников, О.М. Трубина, О.М. Яхина // Практическая медицина. - 2012. - № 4. - С. 192-193.

4. Стекольников, А.А. Ветеринарная офтальмология: учебник / А.А. Стекольников, Л.Ф. Сотникова. - Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2017. - 296 с.

5. Экспериментальное моделирование травматических повреждений роговицы / В.Н. Канюкова, А.А. Стадников, О.М. Трубина, О.М. Яхина // Вестник ОГУ. - 2014. - № 12. - С. 156-159.

6. Slatter's fundamentals of veterinary ophthalmology, edition 4 / A. Itamar, J. H. Bradford, A. Gila [et al.]. - Canada: Saunders Elsevier, 2008. - 482 p.

## REFERENCES

1. Pylypets, E.Ya. Influence of a thermal burn of the cornea on the state of the iris / E.Ya. Pylypets, A.V. Bokarev // Proceedings of the 77th International Scientific Conference of Young Scientists and Students of St. Petersburg State University of Computer Science, dedicated to the 80th anniversary of the breakthrough of the blockade of Leningrad / [editor-in-chief K.V. Plemyashov]. - St. Petersburg: From SPbGUV, 2023. - P. 194-196. (In Russ.)

2. Influence of peptide solution on the processes of angiogenesis of the cornea of rats in the experiment / A.M. Kodunov, A.V. Tereshchenko, I.G. Trifanenkova [et al.] // Saratov Journal of Medical Scientific Research. - 2021. - No. 2. - P. 314-318. (In Russ.)

3. Reparative regeneration of the ocular surface in the simulation of an alkaline burn in experiments / V.N. Kanyukova, A.A. Stadnikov, O.M. Trubina, O.M. Yakhina // Practical medicine. - 2012. - No. 4. - P. 192-193. (In Russ.)
4. Stekolnikov, A.A. Veterinary ophthalmology: textbook / A.A. Stekolnikov, L.F. Sotnikov. - St. Petersburg: Prospekt Nauki, 2017. - 296 p. (In Russ.)
5. Experimental modeling of traumatic injuries of the cornea / V.N. Kanyukova, A.A. Stadnikov, O.M. Trubina, O.M. Yakhina // Bulletin of OSU. - 2014. - № 12. - P. 156-159. (In Russ.)
6. Slatter's fundamentals of veterinary ophthalmology, edition 4 / A. Itamar, J. H. Bradford, A. Gila [et al.]. - Canada: Saunders Elsevier, 2008. - 482 rubles.

УДК: 619:616.64

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.366

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ КАСТРАЦИИ БЫЧКОВ

Михайлова И.И.<sup>1</sup> – к.вет.н., доцент, Лещенко Т.Р.<sup>2</sup> – к.вет.н., доцент,  
Финагеев Е.Ю.<sup>3</sup> – к.вет.н., ассистент, Бочарова-Михайлова О.Н.<sup>4</sup> – ведущий ветери-  
нарный врач, Солохина Э.Д.<sup>5</sup> – студент

1, 2, 5 – ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» п.  
Персиановский; 3 – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины»

4 – ГБУ РО «Ростовская обл СББЖ с ПО»

\*olnimix@mail.ru

**Ключевые слова:** бычки, кастрация, семенники, осложнения, травматизм.

**Key words:** bulls, castration, testicles, complications, traumatism

Поступила: 06.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

При беспривязном содержании бычков на откормочных площадках широко распространен половой травматизм. При появлении половой активности, особенно в возрасте 7-10 месяцев, когда половое созревание вызывает повышенную возбудимость, они наносят друг другу различные травмы. В области спины наблюдаются раны и ссадины, травмы полового члена и препуция, в виде ссадин, ран слизистой оболочки, разрывов персистирующей уздечки, разрывов прямой кишки и др. Задачей ветеринарных специалистов хозяйств является создание условий, при которых травматизм будет снижаться. Это формирование комолого стада, кастрация бычков на откорме и др. В виду анатомических особенностей строения половых органов быков, кастрацию этих животных чаще проводят кровавым открытым способом «на обрыв», что иногда осложняется кровотечением из культы семенного канатика. Поэтому совершенствование техники операции, позволяющее предупредить возможные осложнения, является актуальным направлением исследования. Целью нашей работы была разработка способа торзирования кровеносных сосудов семенного канатика при кастрации бычков.

Работа выполнялась в условиях ПСХК «Александровский» Мясниковского района Ростовской области. При этом было сформировано три группы бычков и апробированы различные способы торзирования кровеносных сосудов семенного канатика при кастрации самцов. В процессе эксперимента были выявлены достоинства и недостатки различных способов проведения операции и предложен на наш взгляд оптимальный метод кастрации бычков. При кастрации бычков открытым способом, предлагаемым нами методом торзирования кровеносных сосудов, не требуется дополнительной фиксации семенных канатиков при их обрыве, что упрощает технику операции, уменьшает вероятность послеоперационных осложнений, сокращает время проведения операции. Предложенный нами способ, легко выполним в условиях производства, облегчает работу ветеринарных специалистов при массовой кастрации и не вызывает осложнений в виде кровотечения из культы семенного канатика, обрыв сосудов и нервов выше места скручивания семенного канатика

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Создание крупных комплексов с высоким уровнем механизации производственных процессов, большой концентрацией животных на ограниченных площадях является признаком промышленного животноводства. При многих положительных чертах промышленная технология стала причиной возникновения массовых хирургических заболеваний, в том числе травматизма, что наносит значительный экономический ущерб хозяйствам. Так, травматизм регистрируется в 15-26% случаев от всей хирургической патологии, причем большая часть повреждений приходится на травмы конечностей, головы и других областей. Количество травм с каждым годом растет, а смертность от травматизма животных до оказания первой помощи достигает 9-24% [2, 4].

Большой проблемой при беспривязном содержании бычков на откорме является половой травматизм. Для его профилактики проводится массовая кастрация животных. В настоящее время предложены кровавые и бескровные методы кастрации самцов домашних животных с применением инструментов специального назначения. При перкутанном способе кастрации бычков на щипцы Телятникова, эффективность операции составляет около 97%, а через месяц после её проведения необходимо контролировать изменения состояния семенников – они становятся мягкой консистенции и слегка уменьшаются в объеме. Если такие изменения не наступили, животных кастрируют повторно, что ведет к дополнительным затратам рабочего времени ветеринарного врача. При кастрации бычков кровавым открытым способом с использованием эмаскулятора, то его рекомендуется удерживать на семенном канатике в течение 5-6 минут после отсечения семенника, так как это во - первых занимает дополнительное время, во – вторых культя семенного канатика иногда выскальзывает из инструмента за счет его малой давящей площади. Поэтому данный способ практически не применяется в производственных

условиях, а наиболее часто используется кровавый открытый способ с обрывом семенного канатика. Однако при нарушении техники операции и обрыве семенного канатика выше места его перекручивания, часто наблюдается послекастрационное осложнение – кровотечение из культи семенного канатика. В литературе описано несколько приемов, позволяющих избежать указанное осложнение. К ним относятся: фиксация семенного канатика через ткани мошонки или наложение пинцета Кохера, однако эти способы недостаточно эффективны [1, 5]. А значит, перед хирургической наукой по-прежнему стоит актуальная задача совершенствования техники кастрации самцов домашних животных. В связи с этим целью нашей работы была разработка способа торзирования кровеносных сосудов при открытом способе кастрации бычков, позволяющего надежно профилактировать послекастрационные осложнения в виде кровотечения из культи семенного канатика [1, 5].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Работа выполнялась в условиях ПСХК «Александровский» Мясниковского района Ростовской области в 2022-2023гг. Хозяйство специализируется на содержании скота мясного направления, породы герефорд. На откорме бычки содержатся беспривязно, по 30 голов в секции до достижения массы тела 550 кг.

При постановке эксперимента использованы клинические, морфологические, и хирургические методы исследований. За время проведения работы клинически обследовано 100 бычков.

В хозяйстве нами были изучены причины возникновения послекастрационных осложнений, результаты лечебно-профилактической работы и предложен способ профилактики данных осложнений.

Для эксперимента мы использовали животных, находящихся в одной секции, одинакового возраста (12 месяцев) и массой тела 350-400 кг. После кастрации все животные возвращены в свою секцию. Из числа этих бычков мы сформировали

три подопытные группы бычков по 10 голов в каждой. Животных фиксируем в стоячем положении в расколе, ограничивая их подвижность деревянными брусками. Операцию проводили с соблюдением асептики и антисептики по общим правилам хирургии. Обезболивание не проводили, что допустимо у молодых животных. В первой подопытной группе бычков оперировали по разработанной нами методике, бычков второй подопытной группы кастрировали открытым способом с обрыванием семенных канатиков, путем их фиксации пальцами левой руки через кожу мошонки и поочередного скручивания. В третьей подопытной группе бычков также кастрировали открытым способом «на обрыв» с фиксацией семенного канатика пинцетом Кохера. Далее за животными вели клиническое наблюдение с целью изучения динамики заживления послеоперационных ран при этом, в течение 10 дней 1 раз в день проводили осмотр операционных ран, путем пальпации устанавливали консистенцию тканей, местную температуру и болезненность. Гематологические исследования проводили до начала эксперимента и на пятый день после операции. Кровь брали в вакуумные пробирки со стабилизатором лимоннокислым натрием и отправляли на исследование в ветеринарную лабораторию для общего анализа.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Учитывая актуальность данных исследований, мы решили усовершенствовать кровавый способ кастрации самцов с обрыванием семенных канатиков. В нашей модификации способа кастрации не требуется дополнительной фиксации семенных канатиков при их обрыве, что упрощает технику операции, уменьшает вероятность послеоперационного кровотечения из сосудов культы семенного канатика, сокращает время проведения операции и облегчает работу ветеринарного врача.

При проведении операции поочередно делаем два боковых разреза мошонки и общей влагалищной оболочки, затем извлекаем семенники в специальной влага-

лищной оболочке, обрываем переходные связки (рис.1, 2) и двумя руками скручиваем между собой оба семенника. При этом перекручивание семенных канатиков происходит выше сосудистого конуса и ограничивается перегородкой мошонки, а кровеносные сосуды семенных канатиков надежно торзируются за счёт их дополнительного повреждения при скручивании. Далее проводим одновременный обрыв канатиков в месте скручивания с наружной поверхности над перегородкой мошонки, культя каждого семенного канатика возвращается в свою половину мошонки.

Во второй группе животных поочеред-



Рис. 1 – Извлечение семенников



Рис.2 – Скручивание семенных канатиков





Рис. 3 – Фиксация и скручивание семенного канатика



Рис. 4 – Наложение пинцета Кохера на семенной канатик



Рис. 5 – Скручивание семенного канатика ниже пинцета Кохера

но удаляли семенники фиксируя пальцами левой руки семенной канатик через кожу мошонки, скручивали и обрывали семенные канатики (рис. 3). Однако в ходе операции оказалось, что такой способ фиксации тканей малоэффективен, так как операционная рана увлажнена и удерживать семенной канатик от скручивания выше места фиксации практически невозможно.

При этом неконтролируемый обрыв семенного канатика может произойти в любом участке, что сопровождается обильным кровотечением из культы. Послекастрационное кровотечение наблюдалось у трех бычков, которое останавливали лигированием культы семенного канатика.

В третьей подопытной группе бычков после извлечения семенников на семенные канатики накладывали пинцет Кохера, ниже его скручивали и обрывали семенной канатик выше сосудистого конуса около пинцета (рис.4, 5). Этот способ оказался более эффективным и осложнения наблюдались только у одного бычка. Кровотечение из культы возникало в момент обрыва семенного канатика, так как пинцет не выдержал объема скрученных тканей, раскрылся и соскользнул.

В послеоперационный период состояние животных всех групп удовлетворительное, они активно поедали корм и свободно перемещались по станкам. В течение 4-5 дней в первой подопытной группе мы наблюдали отёк тканей мошонки средней степени, исчезающий к 7-9 дню, так как воздействие на ткани во время операции было умеренным и дополнительных приемов для остановки кровотечения не потребовалось.

Таким образом, наиболее эффективным методом торзирования кровеносных сосудов семенного канатика по нашему мнению, является одномоментное скручивание семенников и обрыв семенных канатиков над перегородкой мошонки. Остальные способы кастрации менее эффективны, так как сопровождаются кровотечением из культы семенного канатика у 3-х бычков во второй группе, и у

1-го животного - в третьей группе бычков.

В течение эксперимента брали кровь для общего анализа, что позволило контролировать состояние животных. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Морфологические показатели крови бычков до кастрации находились в пределах физиологических колебаний. На

пятые сутки после операции мы наблюдали увеличение количества лейкоцитов, за счёт наличия воспалительного очага в области раны и некоторое снижение количества эритроцитов и гемоглобина на фоне послеоперационного кровотечения. Однако послеоперационная анемия быстро компенсируется и не ведет к ухудшению состояния животных

Таблица 1  
Гематологические показатели бычков при кровавом методе кастрации

| Группа животных       | Гемоглобин (г/л) |                          | Эритроциты ( $10^{12}/л$ ) |                          | Лейкоциты ( $10^9/л$ ) |                          |
|-----------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
|                       | до операции      | на 5 день после операции | до операции                | на 5 день после операции | до операции            | на 5 день после операции |
| Первая опытная (n=10) | 108,6 ± 3,0      | 106,0 ± 2,5              | 6,9 ± 0,42                 | 6,8 ± 0,33               | 10,0 ± 0,38            | 13,9 ± 0,71***           |
| Вторая опытная (n=10) | 107,4 ± 1,05     | 100,0 ± 1,6***           | 6,6 ± 0,34                 | 6,2 ± 0,40               | 10,5 ± 0,31            | 15,3 ± 0,43***           |
| Третья опытная (n=10) | 107,1 ± 1,35     | 101,0 ± 1,6**            | 7,0 ± 0,41                 | 6,4 ± 0,38               | 10,4 ± 0,21            | 14,3 ± 0,30***           |

Примечание: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$  в сравнении с показателем до опыта

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

При кастрации бычков открытым способом предлагаемым нами методом торзирования кровеносных сосудов, путем скручивания семенных канатиков между собой над перегородкой мошонки не требуется дополнительной фиксации семенных канатиков при их обрыве, что упрощает технику операции, уменьшает вероятность послеоперационных осложнений, сокращает время проведения операции. Предложенный нами способ, легко выполним в условиях производства, облегчает работу ветеринарных специалистов при массовой кастрации и не вызывает осложнений в виде кровотечения из культивированного канатика и обрыва сосудов и нервов выше места скручивания семенного канатика.

го канатика.

## COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS OF CASTRATION OF BULLS

Mikhailova I.I. \* – Ph.D., associate professor, Leshchenko T.R. – Ph.D., associate professor, Finageev E.Yu. – Ph.D., assistant, Bocharova-Mikhailova O.N. – leading veterinarian, Solokhina E.D. – student

1, 2, 5 – Don State Agrarian University P. Persianovsky; 3 – St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 4 – GBU RO "Rostov oblSBZH with PO"

\*olnimix@mail.ru

## ABSTRACT

Sexual traumatism is widespread in case of loose maintenance of bulls on feedlots. When sexual activity appears, especially at the age of 7-10 months, when puberty causes

aggression, they inflict various injuries on each other. In the back area, there are wounds and abrasions, injuries of the penis and prepuce, in the form of abrasions, wounds of the mucous membrane, ruptures of the persisting frenulum, ruptures of the rectum, etc.

The task of veterinary specialists of farms is to create conditions under which traumatism will decrease. This is the formation of a herd of cattle, castration of bulls on fattening, etc. In view of the anatomical features of the structure of the genitals of bulls, castration of these animals is more often carried out in a bloody open way "on a cliff", which is sometimes complicated by bleeding from the stump of the spermatic cord. Therefore, improving the technique of surgery to prevent possible complications is an urgent area of research. The purpose of our work was to develop a method of torsion of the blood vessels of the spermatic cord during castration of bulls.

The work was carried out in the conditions of the PSKHK "Alexandrovsky" of the Myasnikovsky district of the Rostov region. At the same time, three groups of bulls were formed and various methods of torsion of the blood vessels of the spermatic cord during castration of males were tested. In the course of the experiment, the advantages and disadvantages of various methods of surgery were revealed and, in our opinion, the optimal method of castration of bulls was proposed. When castrating bulls in an open way, the method of torsion of blood vessels proposed by us does not require additional fixation of the spermatic cords when they break, which simplifies the technique of surgery, reduces the likelihood of postoperative complications, reduces the time of the operation. Our proposed method is easily feasible in production conditions, facilitates the work of veterinary specialists during mass castration and does not cause complications in the form of bleeding from the stump of the spermatic cord, rupture of blood vessels and nerves above the place of twisting of the spermatic cord.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Веремей, Э.И. Технологические требования ветеринарного обслуживания, лече-

ния крупного рогатого скота и профилактики хирургической патологии на молочных комплексах: рекомендации [Текст] / Э.И. Веремей, В.М. Руколь, В.А. Журба // Витебская государственная академия ветеринарной медицины. Витебск; ВГАВМ, 2011.-27с

2. Петраков, К.А. Оперативная хирургия с топографической анатомией животных. Рек.мин. с.х. РФ [Текст]: учебник для вузов / К. А. Петраков, П. Т. Саленко, С. М. Панинский; под ред. К.А. Петракова - М.: КолосС, 2003. - 424с.

3. Кондрахин, И.П. Диспансеризация – важнейшее звено профилактики внутренних болезней животных [Текст] /И.П. Кондрахин, В.И. Левченко, В.В. Вализо// Ветеринария. – 2011. - № 11. – С. 3 – 6.

4. Семенов, Б.С. Хирургия на ферме [Текст]: / Б.С. Семенов, В.С. Пономарев. - М.: Агропромиздат, 1995.-С.5

5. Стрекозов, Н.И. Основные направления интенсификации молочного скотоводства в РФ [Текст] /Н.И.Стрекозов//Практик.- 2011.-№1.-С.42-49.

#### REFERENCES

1. Veremey, E.I. Technological requirements of veterinary care, treatment of cattle and prevention of surgical pathology in dairy complexes: recommendations [Text] /E.I. Veremey, V.M. Rukol, V.A. Zhurba// Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. Vitebsk; VGAVM, 2011.-27с

2. Petrakov, K.A. Operative surgery with topographic anatomy of animals. Rec.min. S.H. RF [Text]: textbook for universities / K. A. Petrakov, P. T. Salenko, S. M. Paninsky; edited by K.A. Petrakov - M.: KolosS, 2003. - 424с

4. Kondrakhin, I.P. Medical examination – the most important link in the prevention of internal diseases of animals [Text] /I.P. Kondrakhin, V.I. Levchenko, V.V. Valizo// Veterinary medicine. - 2011. - No. 11. – pp. 3-6

5. Semenov, B.S. Surgery on the farm [Text]: / B.S. Semenov, V.S. Ponomarev. - M.: Agropromizdat, 1995.-P.5

5. Strekozov, N.I. The main directions of intensification of dairy cattle breeding in the Russian Federation [Text] / N.I.Strekozov// Praktik.-2011.-No. 1.-p.42-49.

УДК: 615.21:616.34-007.59-089:636.1  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.372

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИДОКАИНА ВО ВРЕМЯ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ, ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ЗАВОРОТА БОЛЬШОЙ ОБОДОЧНОЙ КИШКИ У ЛОШАДЕЙ

Погорелов М.А. \* – соискатель каф. общей, частной и оперативной хирургии  
СПбГУВМ; Стекольников А.А. – д-р вет.н., проф., академик РАН ФГБОУ ВО  
СПбГУВМ; Зайцева А.В. – вет. врач клиники «Форсайд»  
\*dnm\_erfolg@mail.ru

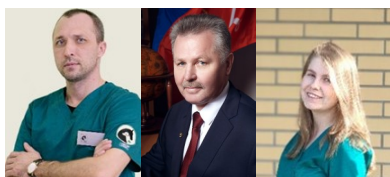
**Ключевые слова:** лошади, общая анестезия, лидокаин, оперативная хирургия, заворот большой ободочной кишки.

**Key words:** horses, general anesthesia, lidocaine, operative surgery, volvulus of the large colon.

Поступила: 10.05.2023

Принята к публикации: 20.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Заворот большой ободочной кишки – одно из самых тяжелых заболеваний желудочно-кишечного тракта у лошадей. Анестезиологическое сопровождение таких пациентов зачастую сопровождается большим количеством осложнений из-за гемодинамических и метаболических нарушений в организме, в следствие странгуляции и растяжения стенки кишечника, абдоминального компартмент-синдрома, а также невозможности полноценной стабилизации состояния пациента из-за необходимости провести операцию в кратчайшие сроки. В данной статье рассматривается наш опыт анестезиологического обеспечения при оперативном лечении лошадей с диагнозом заворот большой ободочной кишки с применением лидокаина и без него, влияние лидокаина на состояние пациента во время общей анестезии, восстановление после наркоза, возникновение послеоперационных осложнений.

В качестве материала для статьи использовались данные от двенадцати пациентов, перенесших операции по поводу устранения заворота большой ободочной кишки в ветеринарной клинике «Форсайд», в период 2021- 2023 гг. В ходе анализа полученных данных выявлено, что с включением в протокол мультимодальной анестезии инфузии с постоянной скоростью лидокаина в дозировке 2 мг/кг в час, концентрация изофлурана снижалась в среднем на 1%, а применение тилетамина-золазепама становилось не актуальным. Это позволило сократить время выхода из наркоза и подъема пациентов в мягком боксе, а также количество послеоперационных осложнений, связанных с общей анестезией, таких как паралитический илеус и миопатия, даже у пациентов с сильными гемодинамическими нарушениями в предоперационном периоде. Летальный исход зафиксирован у двоих из шести прооперированных лошадей, в анестезиологическом протоколе которых не применялся лидокаин. У пациентов с применением лидокаина в анестезиологическом протоколе, летальный исход зафиксирован в одном случае из шести. Таким образом, после включения в анестезиологический протокол инфузии с постоянной скоростью лидокаина, процент смертности снизился вдвое, с 30 до 15%.



## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Лечение заворота большой ободочной кишки у лошадей невозможно без оперативного вмешательства. Успех оперативного лечения во многом зависит от исходного состояния пациента, степени заворота и времени от начала болезни до проведения операции. Данная патология сопровождается многочисленными факторами, такими как гемодинамические, кислотно-щелочные нарушения, метаболический ацидоз, вздутие, сильная боль и стресс. Большой размер толстого кишечника лошади и особенности оперативного доступа увеличивают время операции, что существенно повышает анестезиологические риски. Без своевременного оперативного лечения лошади с заворотом большой ободочной кишки погибают от гиповолемического шока, вызванного абдоминальным компартмент-синдромом, ассоциированным с сильным вздутием, скопления крови в ущемленной толстой кишке и плохим расширением легких из-за сильного вздутия брюшной полости и давления на диафрагму. [1] На операции при патологиях большой ободочной кишки, в нашей ветеринарной клинике, приходится 30% от всех хирургических колик. В данной статье рассматривается наш опыт анестезиологического обеспечения при оперативном лечении лошадей с заворотом большой ободочной кишки, включающий: преанестезиологическое обследование, анестезиологическое сопровождение во время хирургического вмешательства и послеоперативный мониторинг состояния пациентов [2]. Так же приведены данные по срокам реабилитации, а также количеству и степени послеоперационных осложнений у пациентов с данным диагнозом, связанных с общей анестезией.

**Цель исследования** – определить факторы, позволяющие снизить анестезиологические риски за счет введения лидокаина, при оперативном лечении заворота большой ободочной кишки у лошадей.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

Определить влияние внутривенной инфузии с постоянной скоростью лидокаина во время общей анестезии, на количество вводимого тилетамина+золазепама и концентрацию изолюрана

Сравнить уровень влияния концентрации изофлурана и дозы тилетамина+золазепама на сроки выхода пациента из наркоза, количество и степень послеоперационных осложнений, связанных с общей анестезией.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследование проводилось в период 2021-2023 гг., на базе ветеринарной клиники «Форсайд» в Ленинградской области. Были отобраны 12 лошадей с диагнозом заворот большой ободочной кишки. Из них сформировали 2 группы. 1 группа – анестезиологический протокол включал в себя инфузию с постоянной скоростью лидокаина на протяжении операции, 2 группа – лошади, анестезиологический протокол которых не включал в себя инфузию с постоянной скоростью лидокаина.

Лошади, поступающие в клинику с диагнозом заворот большой ободочной кишки, проходят несколько этапов диагностики, состоящей из сбора анамнеза, клинического осмотра, определения уровня лактата и гематокрита венозной крови, ультразвукового и ректального исследования.

Измерение уровня лактата в венозной крови производилось с помощью портативного биохимического анализатора крови Accutrend Plus. Гематокрит определялся на центрифуге ELMi CM -70. Ультразвуковое сканирование выполнялось аппаратом Mindrey Z6 vet, конвексным датчиком на частоте 5Mhz.

Сбор анамнеза включал в себя опрос владельцев о длительности заболевания, применяемом лечении до поступления в клинику, эмоциональном статусе лошади, хронических заболеваниях, перенесенных ранее операциях.

Во время осмотра у таких лошадей отмечалось вздутие брюшной полости, повышение частоты сердечных сокраще-



ний, пульс слабой наполненности, слизистые имели от бледно-розового до ярко-розового цвета, СНК 3-4 сек, ЧДД в норме или повышено, перистальтические шумы снижены или отсутствовали, температура тела в пределах нормы. [2]

Вследствие ишемии, возникающей из-за обструкции сосудистой сети толстой кишки, приводит к каскаду гемодинамических изменений, приводящих к системному шоку. [3]

При этом отмечается повышение уровня лактата крови - от 4 до 11 ммоль/л, повышение гематокрита - в среднем более 45%.

По нашему опыту при постановке назогастрального зонда рефлюкс чаще всего отсутствует. Рефлюкс обнаруживается в 35% случаев при завороте большой ободочной кишки [3]. При ректальном исследовании пальпируются переполненные газом слепая и/или большая ободочная кишки. [4]

При ультразвуковом сканировании визуализируется утолщение стенки большой ободочной кишки, переполнение ее газом.

Анальгезия до операции достигалась введением нестероидных противовоспалительных препаратов (флуниксина меглумин 1.1 мг/кг),  $\alpha_2$  агонистов (ксилазина гидрохлорид -1 мг/кг). [5]. После подготовки лошади, в мягком боксе для премедикации применяется альфа2-агонист ксилазина гидрохлорид (1 мг/кг), внутривенно [6]

Индукция проводилась препаратами тилетамин+ золазепам (Золетил, телазол) (1,0 мг/кг) через 2 минуты после введения  $\alpha_2$  -агонистов. Введение большей концентрации тилетамина+золазепама вызывает угнетение дыхания [7, 8].

После того как лошадь принимала лежащее положение проводилась интубация трахеи.

Интубация проводится эндотрахеальной трубкой Kruuse с внутренним диаметром 35 мм. Ингаляционный наркоз, осуществляется аппаратом для ингаляционного наркоза с ИВЛ Konar + Bird mark7, препарат-изофлуран.

Концентрация изофлурана в начале операции составляет 4% с последующим снижением концентрации на 0.5% для достижения оптимального уровня хирургической анестезии. Критериями достаточности анестезии являются: роговичный рефлекс, положение глаза, частота дыхательных движений и частота сердечных сокращений. В нашей практике концентрация изофлурана к 60 мин и далее составляет 1.5-2% при условии использования препаратов, направленных на снижение МАС изофлурана. Вентиляция легких спонтанная.

Скорость подачи кислорода 10-12л/мин в начале операции считается оптимальной с последующим снижением до 8л/мин для лошадей весом 500кг.

Лошадям из первой группы вводился лидокаин (болюсно 2 мг/кг в течение 15 мин, с последующей инфузией с постоянной скоростью 3 мг/кг/час). Инфузия с постоянной скоростью (ИПС) альфа2-агонист ксилазина гидрохлорид (1,0 мкг/кг/час), так же для аналгезии и снижения МАС изофлурана.

С помощью монитора Mindray uMec 12Vet проводится мониторинг таких показателей как: частота сердечных сокращений, сатурация, концентрация углекислого газа в выдыхаемом воздухе, электрокардиография, не инвазивное артериальное давление. Осуществляется контроль положения глаза, частоты дыхательных движений, цветом слизистых оболочек и СНК.

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Всем пациентам, поступившим в клинику с установленным диагнозом заворот большой ободочной кишки, было проведено оперативное лечение с применением общей анестезии.

Основные показатели, регистрируемые при поступлении пациентов в клинику приведены в таблице 1.

В этой таблице отражены основные показатели пациентов, регистрируемые нами при подготовке к операции. Они в целом отражают степень интоксикации и шока. Как видно из приведенных в таблице данных все пациенты в той или иной степе-

ни, имеют завышенные показатели лактата и гематокрита, а также высокий уровень ЧСС. Степень повышения этих показателей коррелирует со временем, про-

шедшим от начала патологического процесса, до доставки лошадей в клинику.

В таблице 2 приведены показатели, отслеживаемые во время операции.

**Таблица 1**  
**Основные показатели пациентов при поступлении в клинику**

| Группа                                          | 1 группа   |            |            |            |           |            |
|-------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| Пол, возраст                                    | Коб 10 лет | Мер 20 лет | Мер 10 лет | Жер 5 лет  | Коб 7 лет | Мер 10 лет |
| Время(от начала приступа до прибытия в клинику) | 4 часа     | 6 часов    | 18 часов   | 12 часов   | 3 часа    | 2 часа     |
| Лактат (ммоль/л)                                | 2,5        | 2,5        | 11,1       | 8,5        | 3,2       | 3          |
| ЧСС (уд/мин)                                    | 84         | 56         | 84         | 70         | 68        | 62         |
| Гематокрит(%)                                   | 45         | 42         | 60         | 65         | 56        | 50         |
| Итог                                            | благ       | благ       | благ       | неблаг     | благ      | благ       |
| Группа                                          | 2 группа   |            |            |            |           |            |
| Пол, возраст                                    | Коб 12 лет | Коб 6 лет  | Жер 10 лет | Коб 3 года | Мер 8 лет | Мер 15 лет |
| Время(от начала приступа до прибытия в клинику) | 6 часов    | 4 часа     | 12 часов   | 8 часов    | 3 часа    | 5 часов    |
| Лактат (ммоль/л)                                | 2,2        | 4          | 7,8        | 6,7        | 3         | 5          |
| ЧСС (уд/мин)                                    | 46         | 84         | 56         | 80         | 60        | 74         |
| Гематокрит(%)                                   | 42         | 44         | 60         | 62         | 48        | 56         |
| Итог                                            | благ       | благ       | благ       | неблаг     | благ      | неблаг     |

Анализируя эти данные, можно сделать вывод, что применение инфузии с постоянной скоростью лидокаина (1я группа), позволяет уменьшить концентрацию изофлурана во время общей анестезии, а также не применять тилетамин+золазепам вовсе, при этом качество самой анестезии остается на одинаковом уровне со 2й группой, там, где лидокаин не применялся. О чем свидетельствуют регистрируемые: частота сердечных сокращений, дыхательных движений, а также положение глаза, капиллярной оксигенации и концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе.

В таблице 3 отражены основные показатели пациентов в первые 24 часа после операции.

Как видно из таблицы 3, лошади из первой группы, по прошествии 24 часов после операции, в основном, имеют более низкие показатели лактата и гематокрита, что позволяет судить о более стабильном их состоянии. Таким образом, можно сделать вывод, что снижение концентрации изофлурана, а также отсутствие необходимости в применении тилетамин+золазепама во время общей анестезии, способствует более быстрой реабилитации, после хирургического вмешательства.

**Таблица 2**

**Мониторинг основных параметров пациентов в процессе общей анестезии**

|                               | Начало                | 1-й час                              | 2-й час                              | Конец                                | Начало                | 1-й час                                        | 2-й час                                    | Конец                                          |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Показатель                    | 1 группа              |                                      |                                      |                                      | 2 группа              |                                                |                                            |                                                |
| ЧСС (уд/мин)                  | 60±20                 | 45±5                                 | 42±5                                 | 40±5                                 | 60±20                 | 50±5                                           | 50±5                                       | 45±5                                           |
| ЧДД<br>(дых.движений/<br>мин) | 6±3                   | 10±2                                 | 10±2                                 | 12±2                                 | 4±5                   | 4±2                                            | 4±3                                        | 6±3                                            |
| СНК (сек)                     | 3                     | 1,5-2                                | 2                                    | 1,5-2                                | 3                     | 1.5-2                                          | 1.5-2                                      | 1.5-2                                          |
| МАР (мм. рт ст.)              | 60±10                 | 75±10                                | 80±10                                | 75±10                                | 60±10                 | 70±10                                          | 75±10                                      | 75±10                                          |
| Изофлюран %                   | 4-3.5                 | 2-2,5                                | 1-1.5                                | 1-1.3                                | 4                     | 3-3.5                                          | 2.5-3                                      | 2.5                                            |
| Тилетамин+<br>Золазепам (мг)  | -                     | -                                    | -                                    | -                                    | 0.2мг                 | 0.2мг                                          | 0.2 мг                                     | 0.2мг                                          |
| Положение глаза               | Цен-<br>траль-<br>ное | кранио<br>-<br>вен-<br>траль-<br>ное | кранио<br>-<br>вен-<br>траль-<br>ное | кранио<br>-<br>вен-<br>траль-<br>ное | Цен-<br>траль-<br>ное | Центр-<br>кранио<br>-<br>вен-<br>траль-<br>ное | Центр-<br>кранио-<br>вен-<br>траль-<br>ное | Центр-<br>кранио<br>-<br>вен-<br>траль-<br>ное |
| SpO2 %                        | 92±5                  | 96±4                                 | 96±4                                 | 96±4                                 | 90±5                  | 95±5                                           | 95±5                                       | 97±3                                           |
| etCO2 mmHg                    | 45±5                  | 37±5                                 | 40±5                                 | 40±5                                 | 45±5                  | 40±5                                           | 40±5                                       | 37±5                                           |
| Выход (мин)                   | 40-70                 |                                      |                                      |                                      | 60-120                |                                                |                                            |                                                |

**Таблица 3**

**Основные показатели пациентов через 24 часа после операции**

| Группа           | 1 группа   |            |            |            |           |            |
|------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| Пол, возраст     | Коб 10 лет | Мер 20 лет | Мер 10 лет | Жер 5 лет  | Коб 7 лет | Мер 10 лет |
| Лактат (ммоль/л) | 1,8        | 2.1        | 8.5        | 9.0        | 2,9       | 2,1        |
| ЧСС (уд/мин)     | 56         | 60         | 70         | 120        | 65        | 65         |
| Гематокрит(%)    | 36         | 38         | 45         | 55         | 41        | 40         |
| Итог             | благ       | благ       | благ       | неблаг     | благ      | благ       |
| Группа           | 2 группа   |            |            |            |           |            |
| Пол, возраст     | Коб 12 лет | Коб 6 лет  | Жер 10 лет | Коб 3 года | Мер 8 лет | Мер 15 лет |
| Лактат (ммоль/л) | 2,5        | 3,1        | 4,8        | 8,5        | 2,8       | 7,5        |
| ЧСС (уд/мин)     | 60         | 58         | 69         | 105        | 64        | 90         |
| Гематокрит(%)    | 40         | 41         | 46         | 50         | 44        | 59         |
| Итог             | благ       | благ       | благ       | неблаг     | благ      | неблаг     |

В послеоперационный период в первой группе, у одной лошади из шести наблюдался паралитический илеус в течение 24 часов, который удалось скорректировать прокинетическими препаратами. У одной лошади из шести наблюдался паралитический илеус, который не поддавался лечению прокинетическими препаратами, лошадь пала через 72 часа. Миопатии не наблюдалось ни у одной из лошадей.

Во второй группе, у трех лошадей наблюдался паралитический илеус в течение 24 часов, который удалось скорректировать прокинетическими препаратами, у одной лошади паралитический илеус наблюдался в течение 70 часов, продолжающийся профузным поносом в течение 48 часов. Послеоперационная миопатия наблюдалась у трех лошадей из шести, две из этих лошадей не смогли подняться в мягком боксе после общей анестезии и были эвтаназированы, через 24 часа после операции.

#### ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION

В этом исследовании было ретроспективно оценено влияние инфузии с постоянной скоростью лидокаина на состояние лошади во время операции, влияние на концентрацию изофлурана и тилетамин-золазепама, время выхода из наркоза и послеоперационные осложнения. Как видно из приведенных данных из таблиц № 1, 2 и 3, а также по информации из источников литературы, инфузия с постоянной скоростью лидокаина, оказывает анальгетический эффект, уменьшает потребность в ингаляционном анестетике, улучшает моторику желудочно-кишечного тракта. [1, 5, 7]. Опираясь на данные приведенные в таблице 2, можно с уверенностью говорить о том, что инфузия с постоянной скоростью лидокаина совместно с а-2-агонистами существенно снижает требуемую для поддержания хирургической степени анестезии концентрацию изофлурана, а также позволяет не применять тилетамин+ золазепам во время поддержания анестезии. Тилетамин+ золазепам в свою очередь не редко провоцирует послеоперационную атаксию, что снижает скорость выхода из наркоза и вероятность

самостоятельного подъема, а также угнетение дыхания. Все лошади из первой группы на протяжении всей операции находились на спонтанной вентиляции.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Успешность оперативного лечения заворота большой ободочной кишки, во многом зависит от времени прошедшего с начала заболевания, до постановки диагноза и начала операции. Для благополучного исхода операции и минимизации послеоперационных осложнений, крайне важную роль играет соблюдение анестезиологического протокола и стремление к снижению количества препаратов, влияющих на перфузию и оксигенацию тканей. Применение инфузии с постоянной скоростью лидокаина во время проведения общей анестезии при завороте большой ободочной кишки обеспечивает достаточный уровень анальгезии, снижает необходимую для достижения хирургического наркоза концентрацию изофлурана и тилетамин-золазепама, снижая их негативное последствие на состояние лошади и восстановление после анестезии, способствует снижению вероятности возникновения паралитического илеуса в послеоперационный период.

#### THE USE OF LIDOCAINE DURING ANESTHESIA SUPPORT, IN THE SURGICAL TREATMENT OF VOLVULUS OF THE LARGE COLON IN HORSES.

**Pogorelov M.** Competitor of the Department of General and Private Operative Surgery «St. Petersburg State University of Veterinary Medicine»; **Stekolnikov A.A.** – Dr.habil. (Vet. Sci.), Full Professor, Active member of the Russian Academy of Sciences (RAS), FSBEI HE «St. Petersburg State University of Veterinary Medicine»; **Zaytseva A.** veterinarian, Anesthesiologist, Forside Clinics

\*dnm\_erfolg@mail.ru

#### ABSTRACT

Volvulus of the large colon is one of the most severe diseases of the gastrointestinal tract in horses. Without surgical treatment of this pathology, the mortality of horses reaches 100%. The success of surgical treatment depends on the complexity of the pathology, the time since the onset of the disease, the

patient's condition before surgery. Operations in this pathology are impossible without general multimodal anesthesia. However, the anesthetic support of such patients is often accompanied by a large number of complications due to hemodynamic and metabolic disorders in the body, as a result of strangulation and stretching of the intestinal wall, abdominal compartment syndrome, as well as the impossibility of full stabilization of the patient's condition due to the need to perform the operation as soon as possible. This article discusses our experience of anesthetic management in the surgical treatment of horses diagnosed with volvulus of the large colon with and without lidocaine, the effect of lidocaine on the patient's condition during general anesthesia, recovery from anesthesia, and the occurrence of postoperative complications. The material for the article was data from twelve patients who underwent surgery for the elimination of volvulus of the large colon at the Forside Veterinary Clinic in the period 2021-2023. During the analysis of the data obtained, it was revealed that with the inclusion of infusion at a constant rate of lidocaine at a dosage of 2 mg/kg per hour in the protocol of multimodal anesthesia, the concentration of isoflurane decreased by an average of 1%, and the use of tiletamine-zolazepam became irrelevant. This made it possible to reduce the time of recovery from anesthesia and recovery of patients in the soft box, as well as the number of postoperative complications associated with general anesthesia, such as paralytic ileus and myopathy, even in patients with severe hemodynamic disturbances in the preoperative period. A lethal outcome was recorded in two out of six operated horses, in the anesthetic protocol of which lidocaine was not used. In patients with the use of lidocaine in the anesthesia protocol, a lethal outcome was recorded in one case out of six. Thus, after the inclusion of constant-rate infusion of lidocaine into the anesthesia protocol, the mortality rate was halved, from 30 to 15%.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Jorg A. Auer, John A. Equine surgery fourth edition . - Fourth edition изд. - St.

Louis, Missouri: Elsevier saunders, 2012. - 474-476 с.

2. Ковач М., Р. Алиев, Й. Тотх Заворот большой ободочной кишки у лошадей. Диагностика и лечение. VetPharma №3, 2015 <https://vetpharma.org/archive/4999/>

3. Doherty T., Valverde A. Manual of Equine Anesthesia and Analgesia. - Second edition изд. - Hoboken NJ: Wiley- Blackwell, 2022. - 704 с.

4. Ковач М. Колики лошади. Причины. Диагноз. Лечение. Королевский издательский дом. Москва, 2010.

5. Southwood L., Wilkins P. Equine Emergency and Critical Care Medicine. - 1st изд. - New York: CRC Press, 2015. - 861 с.

6. Harrison IW Equine large intestinal volvulus. A review of 124 cases // Vet Surg. - 1988. - №17(2). - С. 77-81

7. Cynthia M. Trim, Molly K. Shepard Horses with colic Veterinary Anesthesia and Analgesia 2015 867-886

8. Boesch, J. M. (2013). Anesthesia for the Horse with Colic. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 29(1), 193–214.

#### REFERENCES

1. Jorg A. Auer, John A. Equine surgery fourth edition. - Fourth edition ed. -St. Louis, Missouri: Elsevier saunders, 2012. - 474-476 pp.

2. Kovacs M., P. Aliev, J. Toth Large colon volvulus in horses. Diagnosis and treatment. VetPharma №3, 2015 <https://vetpharma.org/archive/4999/>

3. Doherty T., Valverde A. Manual of Equine Anesthesia and Analgesia. - Second edition ed. - Hoboken NJ: Wiley-Blackwell, 2022. - 704 p.

4. Kovac M. Horse colic. Causes. Diagnosis. Treatment. Royal Publishing House. Moscow, 2010.

5. Southwood L., Wilkins P. Equine Emergency and Critical Care Medicine. - 1st ed. - New York: CRC Press, 2015. - 861 p.

6. Harrison IW Equine large intestinal volvulus. A review of 124 cases // Vet Surg. - 1988. - No. 17 (2). - pp. 77-81

7. Cynthia M. Trim, Molly K. Shepard Horses with colic Veterinary Anesthesia and Analgesia 2015 867-886

8. Boesch, J. M. (2013). Anesthesia for the Horse with Colic. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 29(1), 193–214.



УДК: 617.3: 599.325.1: 611.728.3

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.379

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ КОЛЕННОГО ХРЯЩА КРОЛИКА

**Али Хазаи Кухпар** \* – д.вет.н., факультет ветеринарной медицины, науки и исследований (<https://orcid.org/0009-0009-5795-6293>), **Алиреза Джахандиде** – д.вет.н., ветеринарный хирург, отделение ветеринарной хирургии, науки и исследований, **Пейман Мортазави** – д.вет.н., патология ветеринарии, доцент кафедры ветеринарной патологии, отделение науки и исследований (<https://orcid.org/0000-0002-2795-5371>)

Исламский университета Азад, Тегеран, Иран

\*khazaeial@gmail.com

**Ключевые слова:** плазменная струя, коленный сустав, хрящ, соединительная ткань, физиотерапия.

**Keywords:** plasma jet, knee joint, cartilage, connective tissue, physiotherapy

Поступила: 23.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Суставной хрящ биомеханически является соединительной тканью, поэтому отсутствие кровеносных сосудов, нервов, лимфотока и низкий метаболизм вызывают его медленное и отсроченное восстановление. Поэтому очень важно использовать правильные методы лечения для восстановления хряща. Цель исследования-Изучение влияния плазменной струи на регенерацию коленного хряща кролика. Настоящее исследование было проведено на 12 новозеландских белых взрослых кроликах-самцах весом примерно 2,0-2,5 кг. Для подготовки коленного хряща выполняли санацию коленного хряща путем хондрэктомии методом выскабливания во всех трех группах лечения. После трех недель лечения кроликов подвергали эвтаназии, и степень регенерации хряща регистрировали макроскопически и путем записи изображений, а также фиксировали в 10% формалине для гистопатологического исследования. Был выбран метод окрашивания, который обычно использовался в лабораториях патологии. Наблюдение и измерение толщины суставного хряща проводили с помощью глазной сетки. И в конце полученные данные были проанализированы статистически. Результаты, полученные в настоящем исследовании, показали, что использование метода плазменной струи улучшает хрящевую ткань таким образом, что при исследовании гистопатологических срезов было обнаружено, что суставной хрящ в группе плазменной струи вызывает образование волокнистого хряща в месте разрушения суставного хряща, а также применение плазмоструйного воздействия положительно влияет на регенерацию хряща кролика.

### INTRODUCTION

The creation of any cracks and loss of body tissues, whether inside or on the external surface of the body, is referred to as a wound, in other words, any damage to soft tissue that includes skin, muscles, nerves,

and blood vessels is called a wound. These injuries may be caused by burns, abrasions and cuts or even diseases such as diabetes or vascular problems. Wounds are classified based on their size, skin penetration and shape[1]. Wound healing and regeneration

are natural processes of some body tissues. When the body is injured, a series of complex biological events occur in a coordinated and balanced cascade to restore and repair the damaged area.[2] Simple animals have a high ability to regenerate, because they have large groups of stem cells in their bodies, which, by migrating to the damaged parts, restore the lost tissues.[3] The ability to regenerate is inversely proportional to the complexity of the beast. For example, in many amphibians and water lizards, the ability to repair is much higher than that of mammals.[4] In the formation of cartilaginous tissue, the production and secretion of acidic sugar compounds, including; Glycosaminoglycans such as hyaluronic acid and chondroitin sulfate in the intercellular material (ECM) are one of the most important signs of the differentiation of cartilage cells (chondroblasts). Wound healing is influenced by host factors, wound characteristics and other external factors[5-7] In general, the meaning of wound repair and reconstruction is the regrowth of cells that are similar to the damaged cells in terms of structure and function and replace them. The replacement of the destroyed cells by the proliferation of reserve cells is possible only in tissues whose cells have the ability to divide mitotically.[8, 9] For this reason, regeneration in mammalian tissues has limitations compared to amphibians and some fish. The healing phase usually starts 3 to 5 days after the injury and can last 3 to 4 weeks or more depending on the size of the wound. During healing, proliferation and proliferation mechanisms occur, including fibroplasia, angiogenesis, granulation tissue formation, and epithelial tissue formation.[10-13]

The knee is the largest joint of the body and has hinged movements in the form of bending and opening, as well as rotating movements around the longitudinal axis to some extent. The knee joint is more prone to injury than any other joint in the body, and this is because of the many forces that this joint must endure. While walking, a force equal to 1.5 times the body weight is applied to the knee, while climbing the stairs, a force equal to 3-4 times and when squatting or

sitting on two knees, this amount increases to 8 times the body weight. Many bones, ligaments and cartilages are involved in the formation and maintenance of the knee joint.

[15, 14, 7]Cartilage is a type of specialized connective tissue in which the underlying substance has a hard consistency. This intercellular material has elasticity and gives elasticity to the cartilage and allows the tissue to withstand mechanical pressures without breaking. The main functions of cartilage are to support soft tissues and to provide a sliding area by its smooth surface for joints and thus facilitate the movement of bones. Cartilage is essential for the growth of long bones both before and after birth. Like other connective tissues, cartilage is also composed of filament cells and ground substance [10] Cartilaginous tissue has no blood vessels and supplies its nutrients by diffusion of substances from the capillaries in the perichondrium. Failure of nutrients to reach chondrocytes causes degenerative changes in cartilage, especially in thick cartilage of old animals. Matrix calcification is one of the common consequences of such cartilages. Basically, the degree of repair in each cartilage is different. In addition, in one type of cartilage, this degree is different and depends on the location of the cartilage and the age of the animal. In young cartilage, the perichondrium contains mesenchymal cells. The proliferation and differentiation of these cells causes peripheral growth and proliferation in cartilage cells causes interstitial growth in cartilage. As a result, irritation in hyaline and elastic cartilages for growing animals is associated with repair, but in adults, the perichondrium is not active and its repair power is very limited. In addition, the power of interstitial growth has also been lost, as a result, repair in mature cartilage is generally done by the fibrous connective tissue in the perichondrium or the hard collagen connective tissue of the fascia around the cartilage. Sometimes, the repair tissue may gradually turn into cartilage tissue, but this tissue is probably of fibrocartilage type.[3, 10]

Plasma is a complex collection of electrons, positive and negative ions, charged and neutral atoms and molecules, ultraviolet

and heat radiations, electromagnetic fields and free radicals, etc. and usually Due to temperature, electric fields and different types of radiation are detected in it, and when all these things are applied simultaneously on living tissues without causing thermal damage or destructive effects of performance. It affects them biologically and leads to changing their physical and chemical properties. In fact, this device causes changes on the skin membrane by creating an electric flux between the applicator. In the last decade, cold argon plasma was used to remove microorganisms due to the production of ultraviolet rays and plasma ions.[16] Among the advantages of the gaseous form of plasma, it can be mentioned that it can penetrate uneven surfaces and cavities smaller than micrometers, which the use of traditional chemical and fluid techniques had failed in this field. Another advantage of plasma is its ability to be used without contact, without pain, safe and non-invasive, and it also reduces treatment costs in the field of bedsores. The simplicity and flexibility of the cold plasma producing devices along with the treatment of skin diseases has made it a desirable and practical method in wound treatment. Considering that there is no satisfactory method in the field of treating chronic and complex and incurable wounds, new concepts and strategies are urgently needed for faster treatment and healing of these types of wounds. According to the function of cold plasma, by its disinfecting effects and by stimulating the proliferation and migration of skin cells and by activating or inhibiting the integrin receptors on the cell surface or by the effects of angiogenesis, it causes wound healing and also in cases such as covering Implant surface, hemostasis and sterilization of surgical instruments can also be used. According to the laboratory studies, the effect of cold plasma on the growth and differentiation of keratinocytes and fibroblasts has also been realized. Since the cartilage of the nasal septum, the surface of the bone joints and the ventral end of the ribs in humans is of a hyaline type, similar to rabbit ears, therefore, the results of the repair and regeneration of rabbit cartilage by plas-

ma jet can be generalized to humans.[17] Therefore, the purpose of this study was to regenerate rabbit cartilage with plasma jet.

#### **MATERIALS AND METHOD**

The current research was conducted on 12 New Zealand white adult male rabbits weighing approximately 2.5-2.5 kg. Rabbits were kept separately in racks in the animal house under the same conditions and a cycle of 12 hours of light and 12 hours of darkness and at a temperature of 20-25 degrees Celsius.

##### **Cartilage sampling**

In order to prepare the knee cartilage, knee cartilage debridement was performed by chondrectomy with scraping method in treatment groups one to three. For the purpose of the mentioned surgery, the treatment groups were anesthetized with the anesthetic ketamine in the amount of 90 mg/kg and xylazine in the amount of 10 mg/kg intraperitoneally. The steps of preparing the surgical surface included complete shaving of the leg, disinfection with betadine and alcohol, and dressing. After scraping, the skin and subcutaneous cartilage were sutured, and oxytetracycline spray and injection were used to prevent possible infections. At this stage, the treatment groups were treated for their own group in 21 days. The first treatment group was subjected to plasma jet radiation daily for 30 seconds. The second treatment group was simultaneously treated with risedronate (0.07 mg/kg/day) and glucosamine (21.5 mg/kg/day). The treatment of the third treatment group was natural without intervention.

##### **Review of cartilage regeneration**

After three weeks of treatment, the rabbits were sacrificed with a high dose of anesthetic at the indicated times. The amount of cartilage regeneration was done macroscopically and by recording the images and they were fixed in 10% formalin for histopathology test. Tissue processing and sectioning (5 microns) were performed. Finally, staining, the staining method that was commonly used in pathology laboratories. Observation and measurement of articular cartilage thickness was done with eye graticule and image j. The data obtained from the present study

were evaluated using SPSS version 24 and the obtained data were analyzed using the Tukey test. A significance level of  $p < 0.05$  was considered.

## RESULTS

The results obtained in the present study indicated that plasma jet regenerates rabbit cartilage.

Chart 1

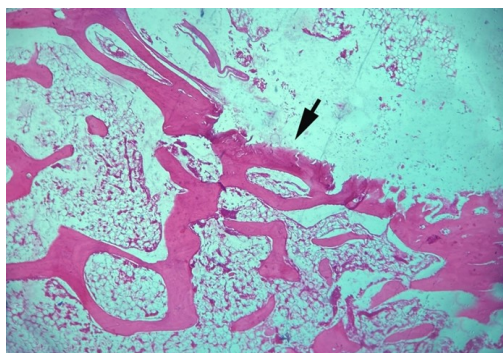
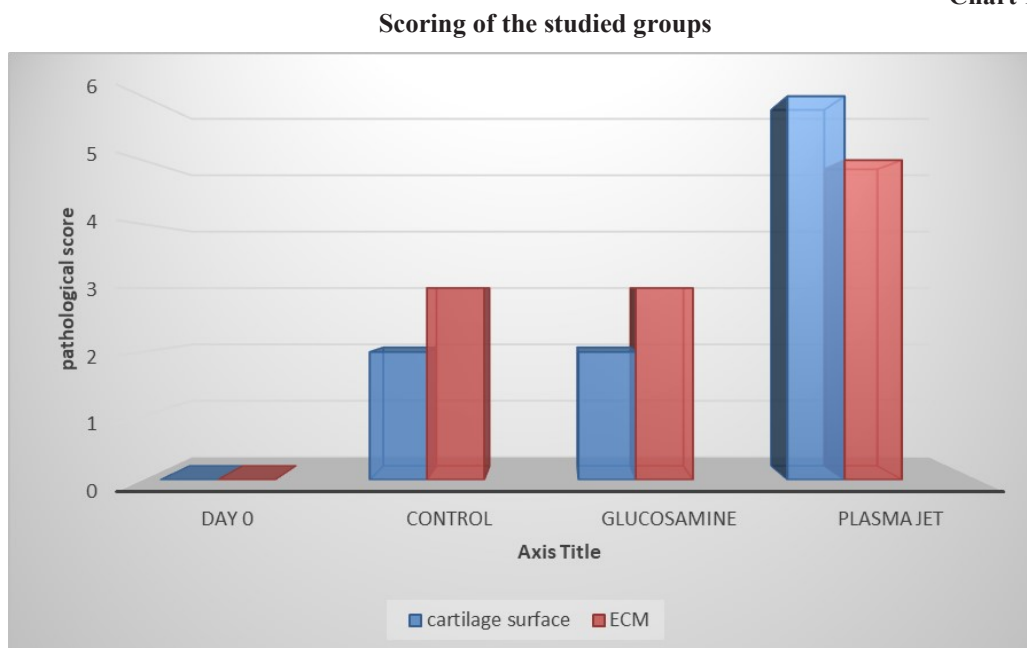


Figure 1: Cross-section of articular cartilage on day zero, where complete destruction of cartilage (arrow) is observed

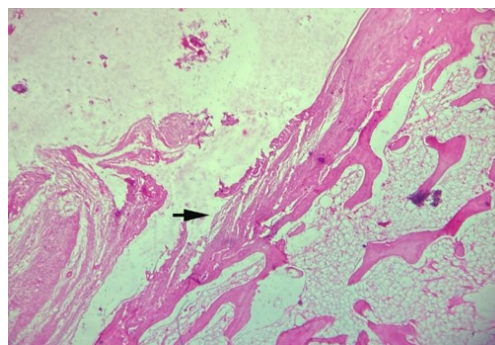


Figure 2: Cross-section of the articular cartilage in the control group, which can be seen in the place of destruction of the articular cartilage of the fibrotic tissue (arrow).



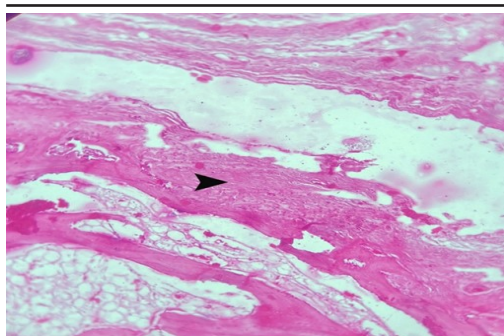


Figure 3: Cross-section of the articular cartilage in the control group, which can be seen in the place of destruction of the articular cartilage of fibrotic tissue (arrowhead).

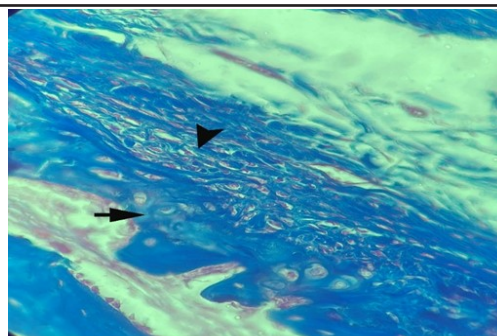


Figure 4: Cross-section of the articular cartilage in the control group, which can be seen in the place of destruction of the articular cartilage, fibrotic tissue (arrowhead) above the bone below the joint (arrow)

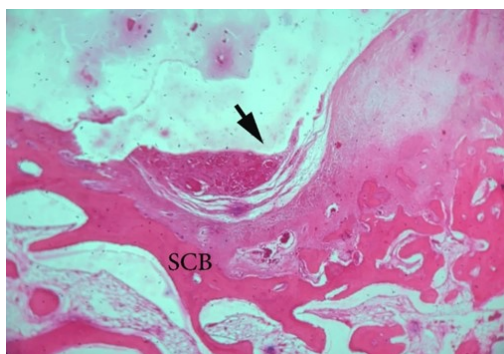


Figure 5: Cross-section of articular cartilage in the glucosamine group, which is seen above the subarticular bone (SCB), in the place of articular cartilage destruction of fibrotic tissue (arrow).

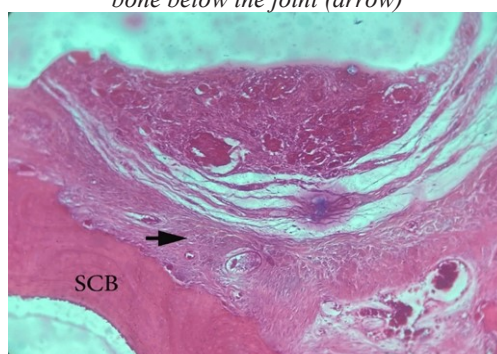


Figure 6: Cross-section of articular cartilage in the glucosamine group, which is seen above the subarticular bone (SCB), in the place of articular cartilage destruction of fibrotic tissue (arrow).

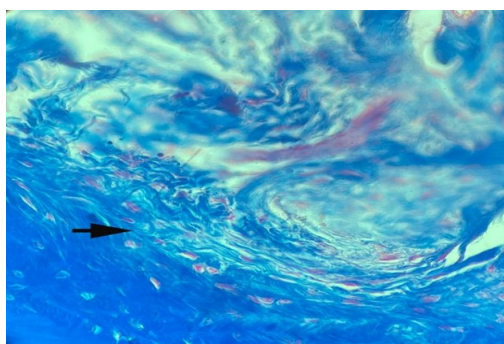


Figure 7: Cross-section of articular cartilage in the glucosamine group, which can be seen in the place of articular cartilage destruction of fibrotic tissue (arrow)

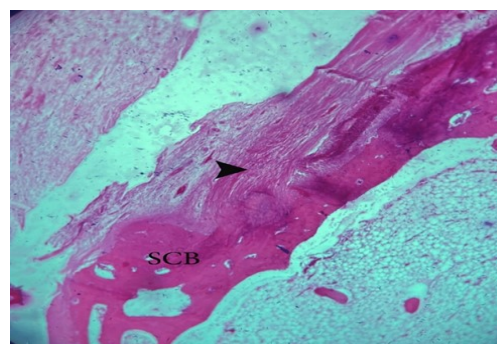


Figure 8: Cross-section of articular cartilage in the plasma jet group, which can be seen above the subarticular bone (SCB), in the place of articular cartilage destruction, fibrocartilage tissue (arrowhead)



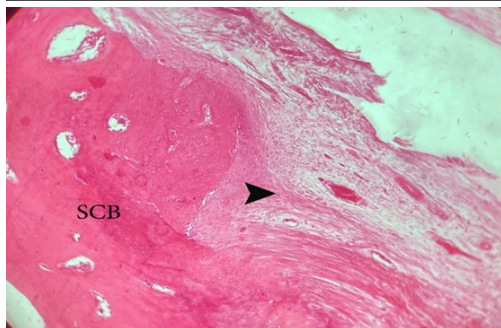


*Figure 9: Cross-section of articular cartilage in the plasmajet group, which can be seen above the subarticular bone (SCB), in the place of destruction of articular cartilage, fibrocartilage tissue (arrowhead)*

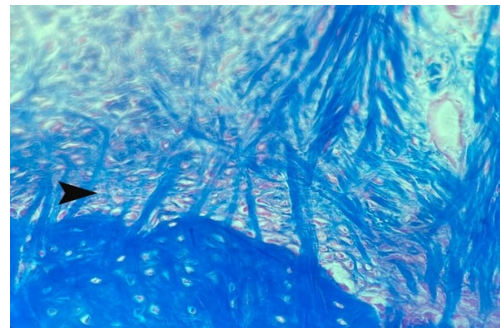


*Figure 10: Cross-section of articular cartilage in the plasmajet group, which can be seen in the place of destruction of articular cartilage, fibrocartilage tissue (arrowhead)*

#### DISCUSSION AND CONCLUSION

Burn wound healing is a dynamic, complex and interactive process, and although superficial burns heal by itself, the process is slow and may lead to many complications, including infection and scar formation.[18, 19] The role of cold plasma and its ionic factors in the burn wound healing process has not been fully determined, but so far, several studies have been conducted on the positive effect of this type of treatment on the wound healing process. Wound healing begins with the inflammation phase of killing bacteria and continues with the proliferation phase of angiogenesis, the formation of collagen, the formation of epithelial tissue and the reduction of the size of the wound, and ends with the destruction of the wound. [2, 20-22] The findings obtained in this research indicated that plasma jet regenerates rabbit cartilage. It is worth noting that so far there have been very limited studies on the effect of plasma jet on rabbit cartilage repair, in this section similar studies will be reviewed.[23] Shimatani et al. (2021) in a study investigating the effect of non-thermal gas discharge plasma under atmospheric pressure on the treatment of rabbit bone defects stated that the improvement of large bone defects was observed by X-ray imaging more than eight weeks after the operation. X-ray results showed a clear difference in new bone occupation of large bone defects

among groups with different times of plasma treatment, while new bone occupation was not significant in the control group without treatment. Based on the results of computed tomography analysis at eight weeks, the most successful bone regeneration was achieved using a plasma treatment time of 10 minutes, while the new bone volume was 1.51 times greater than the plasma control group (Shimatani et al., 2021). The results of this study are consistent with the findings of the present study in terms of the effect of the plasma jet method on bone and cartilage tissue repair[23]. Manafi et al. (2012) in a study investigating the effects of platelet-rich plasma on cartilage grafting in rabbits stated that histological findings showed that in intact and crushed cartilage, the addition of platelet-rich plasma led to It increases the regeneration of chondrocytes. In addition, the addition of platelet-rich plasma to the intact cartilage had a significant effect on maintaining the weight and volume of the grafts.[24] Dere Lo et al. (2020) in a study investigating the healing effect of cold plasma on burned skin in adult Syrian mice stated that the macroscopic study of the wound area showed that the treatment of mice with cold plasma reduced the diameter of the burned area. Also, the thickness of the skin layers (corneal layers, epidermis, dermis and hypodermis) in the experimental groups has increased significantly compared to the burn

control group, as well as the number and diameter of skin vessels compared to the burn control group. has increased significantly. The area of the wound also decreased significantly compared to the burn control group on the seventh day. The results showed that the cold plasma radiation of helium gas was effective in all indicators of wound healing and its induction at the time of burn can help to accelerate wound healing [25]. Al-Ebrahim et al. (2018) in a study investigating the effect of cold argon plasma at atmospheric pressure on increasing the speed of blood coagulation and healing of full-thickness skin wounds in rats stated that plasma radiation increased the speed of blood coagulation in skin wounds *in vivo*. According to histopathological findings, the rats in the plasma treatment group showed a significantly better process in the healing of the full-thickness skin wound. Therefore, cold argon plasma can be used to increase the speed of blood coagulation and improve the healing process in skin wounds[26]. On the other hand, research has shown that cold plasma helps to improve and accelerate wound healing without damaging the tissues around the wound. Brun et al. showed in 2012 that cold plasma does not have a negative effect on the surrounding tissue and does not cause damage to these cells[27]. In research that used atmospheric pressure cold plasma for wound healing, it was observed that appropriate doses of cold plasma can inactivate bacteria around the wound and activate fibroblasts in the wound tissue and ultimately lead to wound healing. A higher plasma dose suppresses wound healing due to cell death by apoptosis or necrosis[28]. In another study, researchers conducted on the effect of cold helium gas plasma on the healing of diabetic foot wounds. It was observed that three days after treatment with cold plasma, signs of recovery can be seen, and treatment with this method causes cell proliferation and regrowth of the epidermis, creating the epidermal layer, as well as the formation of granular tissue and the keratin layer. In general, the results obtained in the present study indicated that the use of plasma jet method improves the cartilage tissue in such

a way that by examining the histopathological sections, it was determined that the articular cartilage in the plasma jet group caused the formation of fibrocartilage tissue at the site of articular cartilage destruction. In this research, there are 4 groups. The first group with a living sample is called day zero, which is only taken after knee cartilage debridement. The other three groups undergo some kind of treatment for three weeks from the time of knee cartilage debridement to sampling. The findings show that in this treatment period, glucosamine supplements do not make a significant difference in the recovery of joint damage. According to the results obtained in the present study, the use of plasma jet has a positive effect on the regeneration of rabbit cartilage.

#### INVESTIGATING THE EFFECT OF PLASMA JET ON RABBIT KNEE CARTILAGE REGENERATION

**Ali Khazaei Koohpar\*** – Doctor of veterinary medicine , Faculty of Veterinary Medicine, Science and Research, Branch, Islamic Azad University, Tehran,Iran (<https://orcid.org/0009-0009-5795-6293>),

**Alireza Jahandideh** – Doctore of veterinary medicine , DVSc, surgery of veterinary, Department of Veterinary Surgery, Science and Research, Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, **Pejman Mortazavi** – Doctore of veterinary medicine , DVSc, pathology of veterinary , Associate professor of veterinary pathology, Science And Research, Branch , Islamic Azad University, Tehran, Iran (<https://orcid.org/0000-0002-2795-5371>)

\*khazaeia1@gmail.com

#### ABSTRACT

Articular cartilage is a connective tissue biomechanically, so the absence of blood vessels, nerves, lymph flow and low metabolism causes its slow and delayed regeneration. Therefore, it is very important to use the correct treatment methods for cartilage healing. Purpose of study: Investigating the effect of plasma jet on rabbit knee cartilage regeneration. The present research was conducted on 12 New Zealand white adult male rabbits weighing approximately 2.0-2.5 kg.

In order to prepare the knee cartilage, its debridement was sanitized by chondrectomy with scraping method in all three treatment groups. After three weeks of treatment, the rabbits were euthanized and the amount of cartilage regeneration was recorded macroscopically and by recording images, and samples were fixed in 10% formalin for histopathology test. The commonly used in pathology laboratories staining method was chosen. Observation and measurement of articular cartilage thickness was done with eye graticule. And at the end, the obtained data were analyzed statistically. The results obtained in the present study indicated that the use of plasma jet method improves the cartilage tissue in such a way that by examining the histopathological sections, it was found that the articular cartilage in the plasma jet group caused the formation of fibrocartilage tissue in the place of injury. Plasma jet has a positive effect on rabbit cartilage regeneration.

#### REFERENCES

1. Almadani, Yasser H et al. "Wound Healing: A Comprehensive Review." *Seminars in plastic surgery* vol. 35,3 (2021): 141-144. doi:10.1055/s-0041-1731791
2. Aragona, M., et al., *Defining stem cell dynamics and migration during wound healing in mouse skin epidermis*. *Nature communications*, 2017. 8(1): p. 14684.
3. Castano-Betancourt, M.C., et al., *Novel genetic variants for cartilage thickness and hip osteoarthritis*. *PLoS genetics*, 2016. 12 (10): p. e1006260.
4. Chen, S., et al., *Meniscus, articular cartilage and nucleus pulposus: a comparative review of cartilage-like tissues in anatomy, development and function*. *Cell and tissue research*, 2017. 370: p. 53-70.
5. Wallace, H.A., B.M. Basehore, and P.M. Zito, *Wound healing phases*. 2017.
6. Barman, P.K. and T.J. Koh, *Macrophage dysregulation and impaired skin wound healing in diabetes*. *Frontiers in cell and developmental biology*, 2020. 8: p. 528.
7. Wang, P., H. Huang B-S, Horng H-C, Yeh C-C, Chen Y-J. *Wound healing*. *J Chin Med Assoc*, 2018. 2(81): p. 94-101.
8. Monika, P., et al., *Challenges in healing wound: Role of complementary and alternative medicine*. *Frontiers in Nutrition*, 2022. 8: p. 1198.
9. Wang, M., et al., *Nanomaterials applied in wound healing: Mechanisms, limitations and perspectives*. *Journal of Controlled Release*, 2021. 337: p. 236-247.
10. Wang, Z., et al., *Treatment of Traumatic Cartilage Defects of Rabbit Knee Joint by Adipose Derived Stem Cells Combined with Kartogenin Hydroxyapatite Nano-Microsphere Complex*. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2022. 18(1): p. 61-76.
11. Rosen, R.D. and B. Manna, *Wound dehiscence*, in *StatPearls [Internet]*. 2022, StatPearls Publishing.
12. Loy, B.N., et al., *A biomechanical and structural comparison of articular cartilage and subchondral bone of the glenoid and humeral head*. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 2018. 6(7): p. 2325967118785854.
13. Lindholm, C. and R. Searle, *Wound management for the 21st century: combining effectiveness and efficiency*. *International wound journal*, 2016. 13: p. 5-15.
14. Mathews, S. and S. Jain, *Anatomy, head and neck, cricoid cartilage*, in *StatPearls [Internet]*. 2021, StatPearls Publishing.
15. Huang, K.-Y., et al., *The roles of IL-19 and IL-20 in the inflammation of degenerative lumbar spondylolisthesis*. *Journal of Inflammation*, 2018. 15(1): p. 1-10.
16. Laroussi, M., *Cold plasma in medicine and healthcare: The new frontier in low temperature plasma applications*. *Frontiers in Physics*, 2020. 8: p. 74.
17. Zura, R., et al., *Epidemiology of fracture nonunion in 18 human bones*, *JAMA Surg*. 151 (2016) e162775. 2016.
18. Kolimi, P., et al., *Innovative Treatment Strategies to Accelerate Wound Healing: Trajectory and Recent Advancements*. *Cells*, 2022. 11(15): p. 2439.
19. Díaz-García, D., et al., *A beginner's introduction to skin stem cells and wound healing*. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021. 22(20): p. 11030.
20. Bacci, S., *Cellular mechanisms and therapies in wound healing: Looking toward the*

- future. 2021, Multidisciplinary Digital Publishing Institute. p. 1611.
21. Tottoli, E.M., et al., *Skin wound healing process and new emerging technologies for skin wound care and regeneration*. Pharmaceutics, 2020. 12(8): p. 735.
22. Swanson, T., et al., *Ten top tips: identification of wound infection in a chronic wound*. Wounds International, 2015. 6(2): p. 22-27.
23. Shimatani, A., et al., *In vivo study on the healing of bone defect treated with non-thermal atmospheric pressure gas discharge plasma*. Plos one, 2021. 16(10): p. e0255861.
24. Manafi, A., et al., *Effects of platelet-rich plasma on cartilage grafts in rabbits as an animal model*. World Journal of Plastic Surgery, 2012. 1(2): p. 91.
25. Dorehlo, S., S. Mohamadi Gorji, and N. Hayati Rodbari, *Therapeutic effect of cold plasma on burnt skin in adult mice*. Developmental Biology, 2020. 12(3): p. 21-30.
26. Ale-Ebrahim, M., E. Janani, and P. Mortazavi, *The effect of cold argon plasma in atmospheric pressure on increasing blood coagulation speed and full-thickness cutaneous wound healing in rats*. Veterinary Clinical Pathology The Quarterly Scientific Journal, 2018. 12(4 (48) Winter): p. 323-336.
27. Brun, P., et al., *Disinfection of ocular cells and tissues by atmospheric-pressure cold plasma*. PloS one, 2012. 7(3): p. e33245.
28. Guo, J.L., et al., *A rabbit femoral condyle defect model for assessment of osteochondral tissue regeneration*. Tissue Engineering Part C: Methods, 2020. 26(11): p. 554-564.



## НЕЗАРАЗНЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 619:616-085:636.4

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.388

### ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ АЛИМЕНТАРНОЙ АНЕМИИ У СВИНОМАТОК И ИХ ПОТОМСТВА

**Черненко В.В.**<sup>1\*</sup> – к.вет.н., заведующий кафедрой эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветсанэкспертизы (ORCID 0000-0002-3666-0831),  
**Симонова Л.Н.**<sup>1</sup> – к.вет.н., доцент кафедры терапии, хирургии, ветакушерства и фармакологии (ORCID 0000-0002-1331-5891), **Симонов Ю.И.**<sup>1</sup> – к.вет.н., заведующий кафедрой терапии, хирургии, ветакушерства и фармакологии (ORCID 0000-0002-1769-1018),  
**Черненко Ю.Н.**<sup>1</sup> – к.б.н., доцент кафедры нормальной и патологической морфологии и физиологии животных (ORCID 0000-0001-7266-4058), **Коптева Ю.С.**<sup>2</sup> – к.б.н., ветеринарный врач

(1-ФГБОУ ВО Брянский ГАУ; 2-ООО «Брянский  
мясоперерабатывающий комбинат»)

\*chernenok\_vv@mail.ru

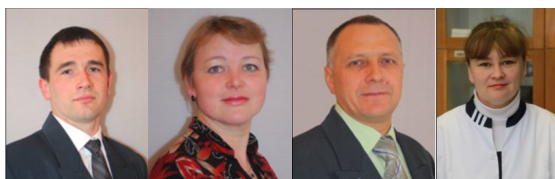
**Ключевые слова:** железодефицитная анемия, профилактика, поросята, свиноматки, Ферролонг, Ферзакс-форте.

**Key words:** iron deficiency anemia, prevention, piglets, sows, Ferrolong Ferzaks-forte

Поступила: 26.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



#### РЕФЕРАТ

В результате научно – хозяйственного эксперимента, проведенного в условиях промышленного свиного комплекса ООО «Брянский мясоперерабатывающий комбинат» Выгоничского района изучена эффективность применения железосодержащих препаратов Ферролонг и Ферзакс-форте для профилактики алиментарной анемии супоросных свиноматок и поросят. Объектом исследования стали супоросные свиноматки крупной белой породы средней живой массой 150-160 кг в возрасте двух лет, и полученные от них поросята. На первом этапе исследований было сформировано две группы свиноматок по 3 головы в каждой. Свиноматкам опытной группы за 15 дней до опороса ввели препарат Ферролонг (содержание железа III 200 мг/мл, витамин В<sub>12</sub> – 0,1 мг/мл) в дозе 4 мл внутримышечно. Свиноматкам контрольной группы инъекции железосодержащих препаратов не проводили.

Проанализировано влияние препаратов на показатели роста, сохранность поросят и гематологические показатели (железо, общая железосвязывающая способность сыворотки (ОЖСС), % насыщения трансферрина, содержание эритроцитов, концентра-



ция гемоглобина, гематокритная величина). На основании проведенных поэтапных исследований установлено, что введение Ферролонга за 15 дней до опороса стимулирует эритропоэз у свиноматок, но не оказывает существенного влияния на показатели красной крови поросят-сосунов. Внутримышечное введение Ферролонга поросятам в дозе 1 мл в первые три дня жизни сопровождается выраженным антианемическим действием, и характеризуется высоким содержанием гемоглобина в эритроцитах и коэффициентом насыщения трансферрина сыворотки крови. Данная схема рекомендуется для профилактики железодефицитной анемии в хозяйстве. Ферзакс-форте за счет входящих в состав витаминов оказывает более широкое действие на обменные процессы, однако лабораторные показатели свидетельствуют о том, что однократного внутримышечного введения этого препарата для профилактики анемии недостаточно.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Существенным фактором, тормозящим развитие свиноводства и причиняющим значительный экономический ущерб, являются болезни незаразной этиологии, среди которых наибольшую долю занимают болезни молодняка, в том числе связанные с нарушением метаболических процессов [7, 8].

Железодефицитная анемия – проблема полиэтиологическая, причем заболеванию наиболее подвержен молодняк при интенсивном выращивании. Во-первых, высокая интенсивность роста поросят определяет повышенную потребность в железе их организма: объем циркулирующей крови должен соответствовать увеличению живой массы. Во – вторых, новорожденные поросята имеют низкий запас железа в организме 50 мг, что объясняется ограничением поступления его к плоду через плаценту свиноматки. В третьих, экзогенное поступление железа поросятам-сосунам за счет лактоферрина молока свиноматки лимитируется его низким содержанием и составляет 1-1,5 мг в сутки, что соответствует 15-20 % от суточной потребности данного микроэлемента [1, 3, 4, 6].

Расстройства пищеварительной системы ухудшают всасывание этого микроэлемента в кишечнике, а также имеет значение недостаток или отсутствие веществ, улучшающих биодоступность железа. Малый объем желудка поросенка и отсутствие соляной кислоты в желудочном соке, на первых неделях жизни также затрудняют усвоение железа.

Сочетание всех факторов приводит к

тому, что к концу первой недели жизни в крови у поросят - сосунов снижается концентрация железа, к концу второй недели падает уровень гемоглобина и эритроцитов, а к 3-4 неделе проявляется тяжелым течением анемии [2, 5].

В настоящее время эффективная профилактика железодефицитной анемии проводится с помощью инъекций железосодержащих препаратов в первые дни жизни поросенка. При этом большое значение имеет качественный и количественный состав лекарственного средства. Поэтому подбор оптимальных схем профилактики анемии поросят и сравнительный анализ эффективности разных по составу препаратов является актуальным и представляет научный и практический интерес [5].

В связи с этим *целью исследований* явилось изучение эффективности применения двух различных по составу железосодержащих препаратов для профилактики алиментарной анемии поросят у глубоко-супоросных свиноматок и их потомства в условиях ООО «БМПК».

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследование провели в рамках научно – хозяйственного эксперимента в условиях промышленного свиного комплекса ООО «Брянский мясоперерабатывающий комбинат» Выгоничского района. Для профилактики железодефицитной анемии, в соответствии с планом ветеринарных мероприятий хозяйства, в первый - третий день жизни поросятам вводится внутримышечно железосодержащий препарат Ферролонг в дозе 1 мл. Рассматривается вопрос о целесообраз-

ности применения с этой целью комплексного железо- и витаминсодержащего препарата Ферзакс Форте.

Объектом исследования стали супоросные свиноматки крупной белой породы средней живой массой 150-160 кг в возрасте двух лет, и полученные от них поросята. На первом этапе исследований было сформировано две группы свиноматок по 3 головы в каждой. Свиноматкам опытной группы за 15 дней до опороса ввели препарат Ферролонг (содержание железа III 200 мг/мл, витамин В<sub>12</sub> – 0,1 мг/мл) в дозе 4 мл внутримышечно. Свиноматкам контрольной группы инъекции железосодержащих препаратов не проводили.

Второй этап исследования провели на поросятах 3-30-ти дневного возраста. Было сформировано три группы поросят. В 1 опытную группу вошли поросята, полученные от свиноматок, которым вводили за 15 дней до опороса препарат Ферролонг. Свиноматкам второй и третьей группы поросят инъекции железосодержащих препаратов в период супоросности не проводили.

Согласно технологической схеме выращивания поросят на комплексе, всем сосунам в возрасте 3 дней ввели железосодержащие препараты внутримышечно в заднюю часть бедра.

Поросятам 1 и 2 опытной группы применили препарат Ферролонг в дозе 1,0 мл, поросятам 3 опытной группы ввели препарат Ферзакс-форте в дозе 1,0 мл внутримышечно.

Методами лабораторного контроля явились морфологические и биохимические исследования крови. Гематологические исследования выполняли с помощью анализатора «Mindray BC-2800 vet». Концентрацию железа, общую железосвязывающую способность сыворотки (ОЖСС), % насыщения трансферина определяли в ветеринарной лаборатории Шанс Био, г. Москва.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Показатели крови до начала эксперимента у свиноматок контрольной и опытной групп существенно не отличались, и, за исключением показателя среднего со-

держания гемоглобина в эритроцитах (МСН), находились ниже физиологических показателей.

Это обусловлено тем, что во время беременности увеличивается объем циркулирующей крови за счет увеличения объема плазмы, то есть развивается гидремия. Другой важной причиной является прогрессирующий дефицит железа, связанный с его утилизацией на нужды фетоплацентарного комплекса.

На 3 сутки после опороса у свиноматок, которым вводили Ферролонг, отмечалось увеличение показателей красной крови, относительно фоновых значений, эритроцитов на 6,1 %, гемоглобина на 10,9 %, гематокрита на 10,6%, МСН на 5,3 %. В контрольной группе свиноматок также происходило повышение показателей красной крови, но их значения были ниже, чем в опытной группе.

Анализируя первый этап исследования, можно сделать вывод, что введение железосодержащего препарата свиноматкам за 15 дней до опороса способствовало улучшению их показателей клеток красной крови.

В таблице 1 представлены гематологические показатели крови поросят-сосунов в возрасте 30 дней.

Анализируя представленные в таблице данные, мы видим, что у поросят 3 группы, которым вводили Ферзакс-форте, концентрация гемоглобина, уровень гематокрита и среднее содержание гемоглобина в эритроцитах было достоверно ниже аналогичных показателей поросят, которым применили для профилактики анемии препарат Ферролонг. Изучаемые показатели крови в 3 группе были также ниже средних видовых значений по гемоглобину на 7,4%, по гематокриту на 31,6, по среднему содержанию гемоглобина в эритроцитах на 14,6%. Полученные результаты указывают на гипохромную анемию и недостаточное профилактическое антианемическое действие препарата Ферзакс-форте в отношении поросят-сосунов. Вместе с тем необходимо отметить, что клинических признаков железодефицитной анемии у поросят третьей группы отмечено не было.

Таблица 1

## Гематологические показатели поросят-сосунов

| Показатели                                             | Норма   | Группа животных, (n=3) |               |            |
|--------------------------------------------------------|---------|------------------------|---------------|------------|
|                                                        |         | 1 группа               | 2 группа      | 3 группа   |
| Эритроциты, $10^{12}/л$                                | 6,0-7,5 | 5,90±0,13              | 6,31±0,14     | 6,08±0,09  |
| Гемоглобин, г/л                                        | 90-140  | 133,70±2,40**          | 134,30±4,46** | 83,30±1,76 |
| Гематокрит, %                                          | 39-43   | 40,73±0,65**           | 41,40±1,47*   | 26,67±0,35 |
| Среднее содержание гемоглобина в эритроцитах (MCH), пг | 16-23   | 22,57±0,42**           | 21,40±0,23**  | 13,67±0,09 |

Примечание: \*\*P<0,01; \*P<0,05, по отношению к 3 группе

Сравнивая показатели крови в 1 и 2 опытных группах, мы видим, что у поросят, полученных от свиноматок, которым вводили препарат Ферролонг, количество эритроцитов, гемоглобин, гематокрит было ниже соответственно на 6,5; 0,4; 1,6%, а среднее содержание гемоглобина в эритроцитах выше на 5,5%, по сравнению с поросятами, полученными от контрольных свиноматок.

Таким образом, введение железосодержащего препарата свиноматкам за 15 дней до опороса не оказывает существенного влияния на показатели клеток красной крови поросят, так как достоверная разница между показателями, характеризующими процессы эритропоэза, у первой и второй групп отсутствует. Очевидно, это связано с лимитированием поступления железа через плацентарный барьер

свиноматок, и отсутствием влияния введенного препарата на содержание лактоферрина в молоке свиноматок.

Морфологические показатели крови подсосных поросят сопоставимы с данными показателей роста поросят.

Сохранность поросят на конец опыта во всех трех группах была высокая и по группам составила соответственно 100, 95,5 и 98 %. Средняя масса поросят в возрасте 30 дней была максимальной в первой опытной группе и составляла 8,27 кг, что на 2,1 % выше поросят второй и на 10,3 %, третьей группы.

На протяжении всего опыта у поросят всех групп отмечали хороший аппетит, они активно передвигались по станку, клинических проявлений алиментарной анемии не отмечалось.

Таблица 2

## Биохимические показатели крови поросят-сосунов

| Показатели                            | Среднее для вида | Группа поросят, n=3 |              |            |
|---------------------------------------|------------------|---------------------|--------------|------------|
|                                       |                  | 1 группа            | 2 группа     | 3 группа   |
| Железо, мкмоль/л                      | 16,3-35,6        | 18,13±0,15**        | 18,12±0,17** | 9,47±0,12  |
| Коэффициент насыщения трансферрина, % | 18-60            | 28,50±0,76*         | 28,20±0,91*  | 10,41±0,32 |
| ОЖСС, мкмоль/л                        | 60-88            | 63,71±1,20*         | 64,30±1,51*  | 91±1,51    |

Примечание: \*\*P<0,01; \*P<0,05, по отношению к 3 группе

Анализируя биохимические показатели, характеризующие обмен железа в организме поросят сосунов, представленные в таблице 2, можно сказать, что в первой и второй группах поросят-сосунов показатели сывороточного железа, общая железосвязывающая способность сыворотки (ОЖСС) и коэффициент насыщения трансферрина находятся в диапазоне средних видовых значений и достоверной разницы не имеют. В 3 группе содержание железа ниже нормативных значений на 42,9 %, а ОЖСС выше на 4,5%.

Вследствие повышения ОЖСС и уменьшения сывороточного железа в 3 группе поросят отмечалось достоверное снижение коэффициента насыщения трансферрина по сравнению с 1 и 2 группой на 63,5 и 63,1 % соответственно. Это указывает на дефицит железа в организме, что сопряжено с анемией.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Введение железосодержащего препарата Ферролонг свиноматкам за 15 дней до опороса стимулирует процесс эритропоэза у свиноматок, но не имеет существенного значения в профилактике железодефицитной анемии у поросят.

Наиболее выраженное противоанемическое влияние из двух сравниваемых препаратов оказывает Ферролонг, за счет более высокого содержания Fe (III). Его эффективное действие подтверждается более высоким содержанием гемоглобина в эритроцитах и коэффициентом насыщения трансферрина крови у поросят 1 и 2 групп. Ферзакс-форте также обладает противоанемическим действием, однако однократного применения в дозе 1,0 мл для профилактики железодефицитной анемии поросят недостаточно, что затрудняет его использование в условиях промышленного комплекса.

#### THE USE OF IRON-CONTAINING DRUGS FOR THE PREVENTION OF ALIMENTARY ANEMIA IN SOWS AND THEIR OFFSPRING

Chernenok V.V.<sup>1</sup>, Simonova L.N.<sup>1</sup>, Simonov Yu.I.<sup>1</sup>, Chernenok Yu.N.<sup>1</sup>, Kopteva Yu.S.<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>FSBEI HE Bryansk GAU, <sup>2</sup>LLC «Bryansk

Meat Processing Plant»)

\*chernenok\_vv@mail.ru

#### ABSTRACT

As a result of a scientific and economic experiment conducted in the conditions of the industrial pig complex of Bryansk Meat Processing Plant LLC in Vygonichi district, the effectiveness of the use of iron-containing preparations Ferrolong and Ferzaks-forfe for the prevention of alimentary anemia of pregnant sows and piglets was studied. The object of the study was pregnant sows of a large white breed with an average live weight of 150-160 kg at the age of two years, and piglets obtained from them. At the first stage of the research, two groups of sows were formed, 3 heads each. 15 days before farrowing, the sows of the experimental group received the drug Ferrolong (iron content III 200 mg/ml, vitamin B12 - 0.1 mg/ml) at a dose of 4 ml intramuscularly. Sows of the control group did not receive injections of iron-containing preparations. The effect of the drugs on the growth and safety of piglets, on biochemical (iron, total iron binding capacity of serum (OHSS), % saturation of transferrin) and hematological parameters was analyzed. Based on the conducted step-by-step studies, it was found that the introduction of Ferrolong 15 days before farrowing stimulates hematopoiesis in sows, but does not significantly affect the red blood indicators of suckling piglets. Intramuscular administration of Ferrolong to piglets at a dose of 1 ml in the first three days of life is accompanied by a pronounced antianemic effect, and is characterized by a high content of hemoglobin in erythrocytes and a saturation coefficient of serum transferrin. This scheme is recommended for the prevention of iron deficiency anemia in the household. Ferzaks-forfe, due to its vitamins, has a broader effect on metabolic processes, but laboratory indicators indicate that a single intramuscular injection of this drug is not enough to prevent anemia.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бирюков М. Железодефицитная анемия поросят: профилактика / М. Бирюков. Животноводство России, 2014. Спец.

вып. С. 27.

2. Бушов А.В., Анемия молодняка свиной / А.В. Бушов, Э.В. Тен. Ветеринария сельскохозяйственных животных, 2007. № 10. С. 45–49.

3. Пудовкин Н.А. Обмен железа в организме поросят и пути его коррекции / Н.А. Пудовкин, Т.В. Гарипов, П.В. Смутнев. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (124). С. 49–53.

4. Савинков А.В. Влияние комплексной добавки природного происхождения на клинический статус и минеральный обмен поросят // А.В. Савинков, А.М. Рязанцева. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. № 1. С. 12 – 15.

5. Сазонова В.В. Современные методы диагностики и лечения поросят при алиментарной анемии / В.В. Сазонова, Е.А. Михеева, С.А. Скребнев, В.В. Крайс. Вестник аграрной науки, 2018. № 4 (73). С. 85-92.

6. Симонова Л.Н. Железосодержащие препараты для профилактики алиментарной анемии у поросят / Л.Н. Симонова, Ю.И. Симонов, В.В. Черненко. Свиноводство, 2018. № 1. С. 40-41.

7. Сычёв С.М. Возможности и приоритеты развития агропромышленного комплекса Брянской области / С.М. Сычёв, А.О. Храмченкова, А.А. Кузьмицкая, О.Н. Коростелева, А.А. Полухин. Аграрная наука, 2022. № 9. С. 84-91. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-84-91

8. Krapivina E.V. Homeostasis of pigs at different schemes of use of "protamin" feed additive / E.V. Krapivina, E.V. Sergrrva, D.V. Ivanov, A.A. Menkova, I.V. Malyavko. Journal of Pharmaceutical Negative Results. 2021. T. 12. № 2. С. 6-17. DOI: 10.47750/pnr.2021.12.02.002

## REFERENCES

1. Biryukov M. Zhelezodeficitnaya anemiya porosyat: profilaktika / M. Biryukov. Zhivotnovodstvo Rossii, 2014. Spec. vyp. S. 27.

2. Bushov A.V., Anemiya molodnyaka svinej / A.V. Bushov, E.V. Ten. Veterinariya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh, 2007. № 10. S. 45–49.

3. Pudovkin N.A. Obmen zheleza v organizme porosyat i puti ego korrekcii / N.A. Pudovkin, T.V. Garipov, P.V. Smutnev. Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 2 (124). S. 49–53.

4. Savinkov A.V. Vliyanie kompleksnoj dobavki prirodnogo proiskhozhdeniya na klinicheskij status i mineral'nyj obmen porosyat // A.V. Savinkov, A.M. Ryazanceva. Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii, 2014. № 1. S. 12 – 15.

5. Sazonova V.V. Sovremennye metody diagnostiki i lecheniya porosyat pri alimentarnoj anemii / V.V. Sazonova, E.A. Miheeva, S.A. Skrebnev, V.V. Krajs. Vestnik agrarnoj nauki, 2018. № 4 (73). S. 85-92.

6. Simonova L.N. Zhelezosoderzhashchie preparaty dlya profilaktiki alimentarnoj anemii u porosyat / L.N. Simonova, Yu.I. Simonov, V.V. Chernenok. Svinovodstvo, 2018. № 1. S. 40-41.

7. Sychev S.M. Vozmozhnosti i priority razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Bryanskoj oblasti / S.M. Sychev, A.O. Hramchenkova, A.A. Kuz'mickaya, O.N. Korosteleva, A.A. Poluhin. Agrarnaya nauka, 2022. № 9. S. 84-91. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-84-91

8. Krapivina E.V. Homeostasis of pigs at different schemes of use of "protamin" feed additive / E.V. Krapivina, E.V. Sergrrva, D.V. Ivanov, A.A. Menkova, I.V. Malyavko. Journal of Pharmaceutical Negative Results. 2021. T. 12. № 2. С. 6-17. DOI: 10.47750/pnr.2021.12.02.002



УДК: 616.5-002-056.3:636.7(470.23-25)  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.394

## АЭРОАЛЛЕРГЕНЫ, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ У СОБАК ПРИ АТОПИЧЕСКОМ ДЕРМАТИТЕ В САНКТ- ПЕТЕРБУРГЕ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Добровольская А.Н. \* <sup>1</sup> – соискатель кафедры биохимии и физиологии,  
Карпенко Л.Ю.<sup>1</sup> – д-р биол. наук, профессор, зав. каф. биохимии и физиологии

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной  
медицины»

\* dobrovet@mail.ru

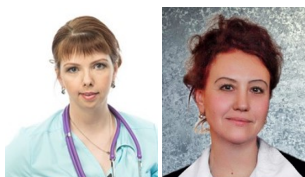
**Ключевые слова:** аллергия, атопический дерматит, аэроаллергены, АСИТ, ал-  
лерген-специфическая иммунотерапия.

**Key words:** allergy, atopic dermatitis, aeroallergens, ASIT, allergen-specific immuno-  
therapy.

Поступила: 04.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Атопический дерматит представляет собой широко распро-  
страненное дерматологическое заболевание собак, которое  
обусловлено продукцией иммуноглобулина Е и сопровожда-  
ется симптомами поражения кожи. Одним из способов лече-  
ния данного заболевания является аллерген-специфическая  
иммунотерапия. Цель проведенного исследования заключа-  
лась в выявлении основных аэроаллергенов, на которые при атопическом дерматите  
наблюдается реакция у собак, и анализе полученных результатов (как относительно  
индивидуальных аллергенов, так и их групп). В исследовании, проводившемся на базе  
ветеринарной клиники в г. Санкт-Петербурге, приняли участие 72 собаки, у которых  
был предварительно диагностирован атопический дерматит. Животным было проведено  
внутрикожное введение растворов 29 аллергенов. В рамках подготовки к аллерген-  
специфической терапии собакам проводили внутрикожное тестирование на чувстви-  
тельность к непищевым аллергенам. Результаты тестирования были задокументированы  
и статистически обработаны с помощью компьютерной программы MS Excel  
2007. Наиболее значимыми группами причинных аэроаллергенов явились пылевые кле-  
щи и растения, на долю которых пришлось 55.5% и 29.0% среди всех реакций на аллер-  
гены соответственно. Индивидуальными аллергенами, на которые чаще всего возникала  
реакция, являлись: *Lepidoglyphus destructor* (складской клещ; 80%), *Dermatophagoides  
farina* (клещ домашней пыли; 76.9%) и *Acarus siro* (мучной клещ; 60%). В среднем у  
одного животного имелась реакция на 4.6 аллергена (от 1 до 14); у 7 собак реакция на  
все аллергены отсутствовала. Реже всего обнаруживалась чувствительность к пыльце  
ряда растений - *Cynodon dactylon* (свиной пальчатый), *Ligustrum* (бирючина) и *Elytrig-  
ia repens* (пырей ползучий).

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Атопический дерматит представляет собой аллергическое заболевание кожи, вызванное чрезмерной иммунологической реакцией организма животного на аллергены внешней среды, сопровождающееся повышенной продукцией иммуноглобулина Е (IgE) и характерными кожными симптомами [4]. По мере возрастания количества домашних животных увеличивается и частота встречаемости атопического дерматита, который по некоторым данным может наблюдаться у 10-15% популяции собак [5]. Однако, на сегодняшний день известно, что наличие симптомов сопровождается выработкой IgE не у всех собак, а повышенная выработка данных иммуноглобулином может не сопровождаться клиническими симптомами [3]. Это затрудняет процесс постановки диагноза с последующим подбором способа лечения для больных собак [2]. Для терапии болезни предложены различные варианты, варьирующие от исключительно местной обработки кожи антисептиками и средствами, помогающими восстанавливать кожный барьер, до медикаментозного лечения с помощью иммуносупрессантов [1], аллерген-специфической иммунотерапии аллерговакциной или экспериментальных методов [2, 5]. Тем не менее, на данный момент установлено, что единственным методом лечения, влияющим на патогенез болезни, является аллерген-системная иммунотерапия (АСИТ). Для проведения АСИТ необходимо изготовить индивидуальную аллерговакцину, состоящую из индивидуального набора аллергенов, на которые у пациента имеется реакция. Чтобы выявить эти аллергены для животных проводится тестирование, заключающееся во внутрикожном введении небольшого объема растворов различных аллергенов с последующим учетом реакции.

Целью данного исследования являлось выявить и дать характеристику основных аэроаллергенов, на которые при атопическом дерматите (АД) наблюдается реакция у собак в условиях города

Санкт-Петербурга и Ленинградской области (северо-западный регион России). Насколько известно авторам, ранее подобные исследования на территории России не проводились.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Исследование проводилось на базе дерматологического отделения ветеринарной клиники «Ветеринарная клиника неврологии, травматологии и интенсивной терапии» (г. Санкт-Петербург). Для исследования были отобраны 72 собаки средних пород (10-20 кг) с шерстным покровом короткого типа, принадлежащие частным владельцам. Животные поступали с жалобами на зуд и воспаление кожи, а также наличием соответствующих вторичных изменений (эксориаций, гипотрихоза, алопеция, пиодермии и т.п.). Предварительно собаки получали обработку против эктопаразитов препаратами группы изоксазалинов, при необходимости была устранена бактериальная инфекция кожи (с помощью местных антисептических средств). Далее посредством элиминационной диеты была исключена пищевая аллергия (использовались промышленные корма с гидролизатом белка). Таким образом, согласно общепринятому алгоритму диагностики аллергий, окончательным диагнозом у животных с сохранившимися симптомами являлся «атопический дерматит».

В рамках подготовки к аллерген-специфической терапии собакам проводили внутрикожное тестирование на чувствительность к непищевым аллергенам. Результаты тестирования были задокументированы и статистически обработаны с помощью компьютерной программы MS Excel 2007.

Для исследования использовался набор из 29 растворов аллергенов индивидуальных флаконах (Artuvetrin® Skin Test), а также положительный (гистамин) и отрицательный (физиологический раствор) контроль (рисунки 1).



Рисунок 1. Растворы аллергенов и иные инструменты, необходимые для внутрикожного тестирования на аэроаллергены.

Животные подвергались седации с применением газового наркоза (изофлуран). Растворы аллергенов вводились строго внутрикожно в объеме 0.05 мл в выстриженную область латеральной части грудной клетки слева. Учет реакции производился через 30 минут после введения аллергенов посредством измерения диаметра волдыря и оценки эритемы (рисунок 2).



Рисунок 2. Внешний вид исследуемого животного после введения растворов аллергенов (перед учетом реакции).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

В ходе проведенных исследований была выявлена реакция на многочисленные аллергены. Для практического удобства учета и дальнейшего обсуждения аллергены были разбиты на 4 группы:

1. пылевые клещи (аллергены *Acarus siro*, *Dermatophagoides farina*, *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Lepidoglyphus destructor* и *Tyrophagus putrescentiae*)

2. пыльца растений (аллергены *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Secale cereale*, *Corylus avellana*, *Artemisia vulgaris*, *Festuca pratensis*, *Parietaria Judaica*, *Chenopodium album*, *Dactylis glomerata*, *Betula*, *Plantago*, *Elytrigia repens*, *Platanus*, *Cynodon dactylon*, *Avena sativa*, *Acer* и *Ligustrum*)

3. грибы и дрожжи (аллергены *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *Cladosporium herbarum* и *Malassezia spp.*)

4. иные (аллергены эпителия кошки, *Ctenocephalides spp.*).

У подавляющего большинства животных наблюдалась реакция на минимум один аллерген (90.3%; n=65). Собаки, у которых реакция отсутствовала, были исключены из исследуемой группы (n=7).

Частота выявления реакций у собак по группам аллергенов составила:

1. пылевые клещи (55.5% среди всех реакций на аллергены)

2. пыльца растений (29.0%)

3. грибы и дрожжи (11.3%)

4. иные (4.3%).

Индивидуальными аллергенами, на которые чаще всего возникала реакция, являлись: *Lepidoglyphus destructor* (складской клещ; 80%; n=52); *Dermatophagoides farina* (клещ домашней пыли; 76.9%; n=50) и *Acarus siro* (мучной клещ; 60%; n=39).

Чаще всего у животных обнаруживалась реакция на 3 аллергена (18.5%; n=12), 4 аллергена (17.0%; n=11) и 7 аллергенов (13.9%; n=9).

Максимальное количество аллергенов, на которые наблюдалась реакция у животных, составило 14 аллергенов (1.5%; n=1), минимальное – 1 аллерген (4.6%; n=3). В среднем у одного животного имелась реакция на 4.6 аллергена.

Наиболее часто выявляемыми причинными аллергенами в каждой группе являлись:

1. пылевые клещи - *Lepidoglyphus destructor* (складской клещ; 28.6% всех реакций в своей группе; n=52);

2. пыльца растений - *Poa pratensis* (мятлик луговой; 15.8%; n=15);

3. грибы и дрожжи - *Malassezia spp.* (дрожжевой грибок малассезия; 21.6%; n=13)

4. иные – эпителий кошки (64.3%; n=9).

Реже всего в соответствии по группам аллергенов отмечалась реакция на:

1. пылевые клещи - *Dermatophagoides pteronyssinus* (клещ домашней пыли; n=20);

2. пыльца растений - *Cynodon dactylon* (свиной пальчатый; n=1), *Ligustrum* (бирючина; n=1) и *Elytrigia repens* (пырей ползучий; n=1)

3. грибы и дрожжи - *Aspergillus fumigatus* (аспергилл дымящий; n=7),

4. иные – *Ctenocephalides spp.* (блоха; n=5).

Исходя из полученных данных можно заключить, что наиболее распространенным источником аэроаллергенов собак в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области являются пылевые клещи, меньшее значение имеют растения и незначительная роль отведена дрожжевым грибам и частицам блохи. Знание конкретных аэроаллергенов и их групп, преобладающих в определенной области, позволяют сопоставлять их с имеющимися у пациента симптомами (проявлением сезонных обострений и т.п.) и/или формировать рекомендации по лечению и поддержке в ремиссии животных, симптомы у которых носят умеренный характер. На основании перечня наиболее распространенных аллергенов могут быть сформированы панели и «миксы» из аллергенов, подходящие для северо-западного региона России, что облегчает подход к созданию аллерговакцины для проведения аллерген-специфической иммунотерапии.

Для того, чтобы уточнения и дальнейшей спецификации причинных аэроаллергенов для собак в данном или иных регионах России, требуется проведение дальнейших исследований.

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Установлено, что наиболее распространенным источником аэроаллергенов собак в Ленинградской области очевидно являются пылевые клещи (в частности, складской клещ), менее значимую роль играют растения (в особенности мятлик луговой) и незначительная роль отведена дрожжевым грибам и частицам блохи. Полученные данные улучшают понимание течения атопического дерматита у собак в соответствующем регионе России, могут использоваться для практических целей, а также являться основой для дальнейших исследований.

## CAUSATIVE AEROALLERGENS DISCOVERED IN DOGS WITH ATOPIC DERMATITIS IN ST. PETERSBURG AND LENINGRAD REGION

**Dobrovolskaya A.N.** \* - post-graduate student, Department of Biochemistry and Physiology, SPbSUVU, **Karpenko L.Yu.** – Ph.D., professor, head of department of Biochemistry and Physiology FSBEI HE SPbSUVU.

\* dobrovets@mail.ru

## ABSTRACT

Atopic dermatitis is a widespread dermatological disease of dogs, which is caused by the production of immunoglobulin E and accompanied by dermatological lesions. One of the ways to treat this disease is allergen-specific immunotherapy. The purpose of the study was to identify the main causative aeroallergens in dogs with atopic dermatitis and to analyze obtained results (both in relation to individual allergens and their groups). The study, which was conducted on the basis of a veterinary clinic in St. Petersburg, involved 72 dogs that were previously diagnosed with atopic dermatitis. Animals underwent intradermal injection of 29 allergens solutions. The test results were documented and statistically processed using the MS Excel 2007 computer program. The most significant groups of causative aeroallergens were dust mites and plants, which accounted for 55.5% and 29.0% of all reactions to allergens, respec-

tively. The most significant groups of causative aeroallergens were dust mites and plants, which accounted for 55.5% and 29.0% of all reactions to allergens, respectively. The most frequently reported individual allergens were: *Lepidoglyphus destructor* (storage mites; 80%), *Dermatophagoides farina* (house dust mites; 76.9%) and *Acarus siro* (grain mites; 60%). On average, one animal had a reaction to 4.6 allergens (from 1 to 14); 7 dogs had no reaction to any of the allergens. Sensitivity to such plants as *Cynodon dactylon* (Bermuda grass), *Ligustrum* (Privet) and *Elytrigia repens* (Couch grass) was found least of all.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гусева В.А., Семенов Б.С., Кузнецова Т.Ш., Рыбин Е.В. Применение тромбоцитарной аутоплазмы в дерматологии мелких животных. Клинический опыт // Международный вестник ветеринарии. - 2018. - № 3. - С. 77-80.
2. Карпенко Л.Ю., Душенина О.А., Петровских М.Д. использование общего анализа крови в диагностике атопического дерматита у собак // Материалы Всероссийской научно-практической конференции имени Заслуженного деятеля науки КБР, Заслуженного агронома РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора М.Х. Ханиева (Нальчик, 08 декабря 2022 года). – Том 2. – С. 37-38.
3. Руппель В.В. Роль аллерген-специфической иммунотерапии (АСИТ) в лечении атопического дерматита. Клинический опыт // VetPharma. - 2016. - №1. - (29). – С.19-22.
4. Стекольников А.А., Бокарев А.В. Этиология и патогенез аллергических дерматитов у собак // Международный

вестник ветеринарии. - 2004. - № 2. - С. 36-43.

5. Olivry T., DeBoer D., Favrot C., Jackson H., Mueller R., Nuttall T., Prélard P. Treatment of canine atopic dermatitis: 2010 clinical practice guidelines from the International Task Force on Canine Atopic Dermatitis // Veterinary Dermatology. – vol. 21. – P. 233–248.

#### REFERENCES

1. Guseva V.A., Semenov B.S., Kuznetsova T.Sh., Rybin E.V. Application of platelet autoplasm in dermatology of small animals. Clinical experience // International Veterinary Bulletin. - 2018. - No. 3. - P. 77-80. (In Russ.)
2. Karpenko L.Yu., Dushenina O.A., Petrovskikh M.D. the use of a general blood test in the diagnosis of atopic dermatitis in dogs // Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference named after the Honored Scientist of the KBR, Honored Agronomist of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor M.Kh. Khanieva (Nalchik, December 08, 2022). - Volume 2. - P. 37-38. (In Russ.)
3. Ruppel V.V. The role of allergen-specific immunotherapy (ASIT) in the treatment of atopic dermatitis. Clinical experience // VetPharma. - 2016. - № 1. - (29). - P.19-22. (In Russ.)
4. Stekolnikov A.A., Bokarev A.V. Etiology and pathogenesis of allergic dermatitis in dogs // International Veterinary Bulletin. - 2004. - No. 2. - P. 36-43. (In Russ.)
5. Olivry T., DeBoer D., Favrot C., Jackson H., Mueller R., Nuttall T., Prélard P. Treatment of canine atopic dermatitis: 2010 clinical practice guidelines from the International Task Force on Canine Atopic Dermatitis // Veterinary Dermatology. – vol. 21. - R. 233-248.



УДК: 619:616:591.111.1:636.2.087.72  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.399

## ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА КРОВИ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ТЕЛЯТ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТАНАМИН Zn

Лавринова Е.В. <sup>\*1</sup> – преп., Семенютин В.В. <sup>1</sup> – д.б.н., проф., Крапивина Е.В. <sup>2</sup> – д.б.н., проф.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, <sup>2</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

\*katerina.lav94@mail.ru

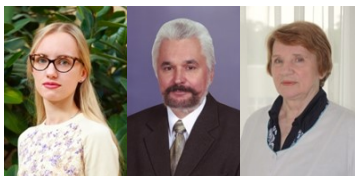
**Ключевые слова:** синдром диареи, продолжительность болезни, лейкоцитарная формула крови, телята, кормовая добавка «Танамин Zn».

**Key word:** diarrhea syndrome, duration of the disease, leukocyte blood formula, calves, feed additive «Tanamin Zn».

Поступила: 19.02.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Новые условия жизни, в которые попадают животные в раннем неонатальном периоде, сопряжены с болезнями, обусловленными содержанием и кормлением, а также несвоевременным проведением ветеринарных обработок как матерей, так и самих новорожденных. Поэтому крайне важно вводить в их рацион ингредиенты, способствующие успешной адаптации. Целью исследований являлось изучение влияния кормовой добавки «Танамин Zn» на лейкоцитарную формулу крови и проявление синдрома диареи у телят. Опыт проводили на телятах чёрно-пестрой породы (Бессоновский тип) в условиях колхоза-племзавода имени В.Я. Горина Белгородской области. Группы (12 голов в каждой) формировали с учётом происхождения, пола, живой массы (ЖМ) и возраста. В период эксперимента подопытные животные-аналоги были разделены на группы. В I-K – контрольную – группу были включены телята, получавшие основной рацион (ОР), а во II, помимо ОР, в течение всего молочного периода (60 сут.) – танамин Zn в дозе 0,05 г/кг живой массы/сут. Установлено, что общее количество лейкоцитов на фоне скармливания (1;30;60 сут.) добавки и в период последствий (90 сут.) находилось в пределах физиологической нормы с разной направленностью изменений количества эозинофилов, базофилов, нейтрофилов, лимфоцитов и моноцитов. Кроме того, нами показано снижение проявлений синдрома диареи у телят опытной группы в первой декаде жизни по сравнению с контролем на 25,0%, а её продолжительности – на 35,7%.

Полученные результаты исследований обработаны с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2010 с использованием критерия Стьюдента. Результаты считали достоверными со значения  $p \leq 0,05$ .

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Болезни молодняка крупного рогатого скота являются одной из значимых проблем промышленного животноводства. К наиболее распространённым патологиям относят заболевания желудочно-кишечного тракта различной этиологии как антенатальной, так и постнатальной, сопровождающиеся, как правило, синдромом диареи [1-3]. К антенатальным причинам относят несвоевременные вакцинации и неполноценное кормление коров-матерей, особенно высокопродуктивных, и рождение от них телят с признаками минерально-витаминной недостаточности и расстройств желудочно-кишечного тракта, классифицируемыми как диспепсии [4] и которыми переболевает значительная часть новорожденных [5-7].

Другими причинами проявления данного синдрома является тот факт, что при рождении телёнок имеет физиологические особенности, которые наиболее ярко выражены именно в молозивный период, а именно: незрелость коры головного мозга, которая отражается на дыхании, терморегуляции, ритме сердца и пищеварении; недостаточность барьерной функции печени и высокую проницаемость кишечной каймы для бактерий [4, 8, 956]. Кроме того, проблема диарейного синдрома усугубляется болезнями вирусной и бактериальной этиологии [10]. Поэтому в качестве профилактических мероприятий крайне необходимо введение в рацион кормовых добавок, обладающих антидиарейными свойствами.

Одной из таковых можно считать Танамин Zn (далее танамин), благодаря наличию в своём составе экстракта каштана и активного цинка в хелатной форме [11]. Целью исследования являлось изучение влияния танамина на лейкоцитарную формулу крови и заболеваемость телят.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Опыт проводили на телятах чёрно-пестрой породы (Бессоновский тип) в

условиях колхоза-племзавода имени В.Я. Горина Белгородской области. Группы (12 голов в каждой) формировали с учётом происхождения, пола, живой массы (ЖМ) и возраста. Содержание животных осуществлялось по стандартной технологии, принятой в хозяйстве, – в индивидуальных, а затем в групповых клетках. Телята I-K группы получали ОР, II – ОР+танамин в дозе 0,05 г/кг ЖМ/сут. Кровь отбирали спустя 3,0-3,5 часа после утреннего кормления из яремной вены в периоды применения добавки (1; 30; 60 сут.) и последствия (90 сут.). На гематологическом анализаторе Sysmex XN-9000 определяли: лейкоциты (WBC), эозинофилы (EOS), базофилы (BASO), нейтрофилы (NEUT), лимфоциты (LYMPH) и моноциты (MONO).

Полученные результаты исследований обработаны с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2010 с использованием критерия Стьюдента. Результаты считали достоверными со значениями  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Лейкоциты в организме формируют кровяную и тканевую барьеры против инфекций, поддерживают тканевую гомеостаз и регенерацию тканей [12]. Динамика абсолютного количества лейкоцитов в крови телят представлена в таблице 1, из которой видно, что содержание этих клеток в обеих группах во все возрастные периоды находилось в пределах физиологической нормы [13].

В популяции лейкоцитов различают гранулоциты (эозинофилы, базофилы, нейтрофилы) и агранулоциты (лимфоциты и моноциты), выполняющие различные функции. Эозинофилы, являясь фагоцитирующими комплексами (антиген-антитело), участвуют в реакциях гиперчувствительности немедленного и замедленного типа [14]. Нами установлены более высокие (относительно нормативных значений) уровни эозинофилов в крови у суточных телят, которые можно связать с незрелостью строения и функционирования систем организма

новорожденных [15], низкой активностью надпочечников [16, 17] или аллергией [18].

К 30-суточному возрасту в обеих группах показано резкое снижение количества эозинофилов, относительно суточного, что, возможно, связано со стрессами (послеродовая адаптация, вакцинации и т.д.) этого периода [19]. При этом следует отметить более низкие значения данного показателя у телят опытной группы по сравнению с контролем, что может свидетельствовать о менее выраженных аллергических реакциях организма, например, на вакцинации или какие-либо компоненты рациона. Нами показана тенденция к росту значений этого показателя к окончанию скормливания добавки (60 сут.) в обеих группах (более выраженный у интактных животных). В период послействия (90 сут.) на фоне танамина процентное содержание эозинофилов не изменилось, а в контроле – показало тенденцию к снижению, практически, в два раза. Разница между группами нивелировалась.

Базофилы также участвуют в реакциях немедленного и замедленного типов – в воспалительных, аллергических реакциях и регуляции проницаемости сосудистой стенки [14]. Их относительное количество в крови у суточных телят и в последующие периоды (30; 60; 90 сут.) исследований соответствовало нормативным значениям [13]. При этом отмечено достоверное снижение уровня базофилов у телят опытной группы в 60-суточном возрасте как по сравнению с контролем, так и с предыдущим периодом (табл. 1), что может быть связано с повышенной функциональной активностью щитовидной железы [16]. Необходимо отметить достоверный рост этого показателя в период послействия (90 сут.) по сравнению с окончанием молочного периода (60 сут.).

Нейтрофилы относят к наиболее многочисленной группе гранулоцитов, выполняющих защитную функцию (фагоцитоз патогенных микроорганиз-

мов и продуктов распада тканей макроорганизма) [12]. Нами установлено, что в суточном возрасте у телят количество нейтрофилов составляло 54,8%, что примерно соответствует данным, полученным Л.В. Харитоновым с соавт. [20].

К 30-суточному возрасту видна тенденция к снижению данного показателя, при этом межгрупповые различия отсутствуют (табл. 1). В последующем (60 сут.) тенденция к снижению в опытной группе сохраняется, а в контроле разница достигает достоверных значений (24,3% против 47,8%,  $p < 0,05$ ). В период послействия (90 сут.) на фоне общего снижения относительно предыдущего периода показана обратная зависимость по достоверности – у телят опытной группы различия достоверны (13,1% против 37,5%,  $p < 0,01$ ), а у животных интактной группы – контроля – разница недостоверна 11,2 против 24,3 ( $p > 0,05$ ).

Таким образом, полученные нами изменения количества нейтрофилов в крови у телят обеих групп на протяжении всего эксперимента в целом соответствовали значениям и динамике изменений, приведенными В.Н. Никитиным, которые выражаются в снижении их количества от 52-53% у новорожденных и до 17-18% – у 3-месячных телят [21].

Ключевую роль в формировании иммунных реакций в организме играют лимфоциты. Возрастные изменения количества лимфоцитов у телят находятся в обратно пропорциональной зависимости с уровнем нейтрофилов [21]. Однако, по данным других исследователей [22], с момента рождения до 28 суток лейкограмма периферической крови телят характеризовалась выраженной нейтропенией и лимфоцитозом, количество остальных типов лейкоцитов не выходило за границы возрастной нормы.

В проведенном нами эксперименте у суточных телят относительное количество лимфоцитов (табл.1) было ниже референсных значений [23]. Отсутствие синдрома диареи у новорожденных поз-

Таблица 1

**Лейкоцитарная формула при скормливании танамина и в период последствий**

| Показатель                          | Возраст, сут.          |             |             |              |             |            |             |
|-------------------------------------|------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
|                                     | 1                      | 30          |             | 60           |             | 90         |             |
|                                     |                        | Группа      |             |              |             |            |             |
|                                     |                        | I-K         | II          | I-K          | II          | I-K        | II          |
| Лейкоциты (WBC), 10 <sup>9</sup> /л | 9,37±1,94              | 9,01±2,18   | 9,31±1,47   | 8,53±0,96    | 10,68±1,66  | 10,27±0,68 | 11,56±1,31  |
| Эозинофилы (EOS), %                 | 22,40±4,4 <sub>5</sub> | 0,13±0,13** | 0,02±0,03** | 0,66±0,22    | 0,38±0,22   | 0,36±0,09  | 0,40±0,16   |
| Базофилы (BASO), %                  | 0,85±0,25              | 0,43±0,10   | 0,63±0,11   | 0,46±0,04    | 0,28±0,05*  | 0,64±0,04• | 0,60±0,05** |
| Нейтрофилы (NEUT), %                | 54,75±9,7 <sub>5</sub> | 47,77±6,94  | 46,98±8,62  | 24,26±5,99*  | 37,50±3,77  | 11,18±3,82 | 13,12±4,24• |
| Лимфоциты (LYMPH), %                | 16,70±6,5 <sub>3</sub> | 48,15±7,94• | 47,20±7,78• | 60,80±4,19   | 50,76±3,06  | 69,90±2,88 | 64,04±4,76• |
| Моноциты (MONO), %                  | 5,30±3,16              | 3,52±1,86   | 5,17±2,19   | 13,82±1,87** | 11,08±1,18• | 17,92±2,26 | 21,84±3,99• |

Примечание: \*  $p<0,05$  – разница достоверна по отношению к контрольной группе;  
 ●  $p<0,05$ ; ●●  $p<0,01$  – разница достоверна по отношению к предыдущему периоду

воляет сделать предположение о внутри-утробном развитии патологического процесса у телят, что и обусловило лимфопению и эозинофилию. Аналогичное явление (лимфопению) встречается, например у людей, так у детей объясняют возможной патологией желудочно-кишечного тракта и попыткой организма побороть её, используя большое количество белых кровяных телец, на выработку которых требуется определенное время [24].

Через 30 суток опытного периода в крови у телят I-K и II групп установлено достоверно значимое повышение (до нормативных значений) относительного количества лимфоцитов по сравнению с исходными данными (1 сут.): 48,2% и 47,2% против 16,7% ( $p<0,05$ ) соответственно. В дальнейшем отмечено последовательное повышение их количества (в пределах нормативных значений) без существенных межгрупповых различий. Однако, необходимо отметить, достоверное увеличение данного показателя у телят опытной группы в период последствий (64,0% против 50,8%,  $p<0,05$ ). В целом, танамин не оказал существенного влияния на уровень лимфоцитов в крови

у телят.

Количество моноцитов – непосредственных предшественников макрофагов тканей – в суточном и 30-суточном возрасте у телят (табл. 1) соответствовало нормативным значениям [21].

В 60 суток по сравнению с предыдущим периодом нами было отмечено в I-K и II группах достоверное увеличение уровней моноцитов (13,8% против 3,5%,  $p<0,01$  и 11,1% против 5,2%,  $p<0,05$  соответственно). Полученные в обеих группах значения лежат за пределами референсных значений.

Превышение референсных значений сохранилось и к 90-суточному возрасту. При этом количество моноцитов по сравнению с предыдущим периодом у интактных телят увеличилось на уровне тенденции, а у получавших в течение первых 60-суток жизни добавку – данный показатель достоверно возрос с 11,1% до 21,8% ( $p<0,05$ ). Учитывая, что чаще всего моноцитоз свидетельствует о выздоровлении после «встречи» организма с инфекцией [25], можно считать, что процесс восстановления у телят II группы протекал более активно.

В период выращивания телят каких-

либо выраженных патологий мы не регистрировали. Отмеченный синдром диареи проявлялся лишь в первой декаде жизни у 8 телят (66,7%) из контрольной и 5 – (41,7%) – опытной группы. Продолжительность диареи составляла 2,8±0,5 и 1,8±0,4 суток по группам соответственно. Различия в проявлении синдрома и продолжительности заболевания между группами составили 25,0% и 35,7% соответственно.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

1. Возрастная динамика изменения лейкоцитарной формулы на фоне скормливания танамина относительно предыдущих периодов показало:

- на 30-сутки: вне зависимости от применения добавки достоверное снижение эозинофилов и увеличение лимфоцитов;

- на 60-сутки: на фоне добавки достоверное снижение количества базофилов и увеличение моноцитов, а у интактных животных – снижение нейтрофилов и увеличение моноцитов;

- на 90-сутки (период последствий): увеличение с разной степенью достоверности содержания базофилов, лимфоцитов и моноцитов на фоне снижения нейтрофилов. В контроле отмечено достоверное увеличение количества базофилов.

2. Танамин способствовал снижению продолжительности и частоты проявления синдрома диареи.

#### LEUKOCYTE BLOOD FORMULA AND DISEASE INCIDENCE OF CALVES IN THE BACKGROUND OF THE USE OF TANAMIN Zn

Lavrinova E.V.<sup>1</sup> – lecturer, Semeniyutin V.V.<sup>1</sup> – Doctor of Biological Sciences, Professor, Krapivina E.V.<sup>2</sup> – Doctor of Biological Sciences, Professor

<sup>1</sup>FSBEI HE Belgorod GAU, <sup>2</sup>FSBEI HE Bryansk GAU

\*katerina.lav94@mail.ru

#### ABSTRACT

The new living conditions that animals get into in the early neonatal period are associated with diseases caused by maintenance

and feeding, as well as untimely veterinary treatments for both mothers and newborns. Therefore, it is extremely important to introduce ingredients into their diet that contribute to successful adaptation. The aim of the research was to study the effect of the feed additive «Tanamin Zn» on the leukocyte formula of blood and the manifestation of diarrhea syndrome in calves. During the experiment, the experimental animals-analogues were divided into groups. The experiment was carried out on calves of the black-and-white breed (Bessonovsky type) in the conditions of the collective farm-stud farm named after V.Ya. Gorin, Belgorod region. Groups (12 heads in each) were formed taking into account origin, sex, live weight (LW) and age. The I-K – control group included calves who received the main diet (MD), and the II group included calves who received, in addition to MD, tanamine Zn at a dose of 0,05 g / kg of live weight / day during the entire dairy period (60 days). It was found that the total number of leukocytes during feeding (1;30;60 days) of the supplement and during the aftereffect (90 days) was within the physiological norm with different directions of changes in the number of eosinophils, basophils, neutrophils, lymphocytes and monocytes. In addition, we have shown a decrease in the manifestations of diarrhea syndrome in calves of the experimental group in the first decade of life compared with the control by 25,0%, and its duration by 35,7%. The obtained research results were processed using the Microsoft Excel 2010 computer program using Student's criterion. The results were considered significant from  $p \leq 0.05$ .

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жирков, И.Н. Нитроксиригическая регуляция пищеварения / И.Н. Жирков // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – №2. – С. 25-37.

2. Жирков, И.Н. Эффективность натрия ацетата при диарее новорожденных телят / И.Н. Жирков, И.И. Братухин, В.В. Гаврилин // Ветеринария. – 2001. – №10. – С. 39-41.



3. Рецкий, М.И. Система антиоксидантной защиты у животных при стрессе и его фармакологической регуляции: автореф. дис....д.б.н.: 03.00.04 / Всесоюзный н.-и. вет. ин-т патологии, фармакологии и терапии. – Воронеж, 1997. – 51 с.
4. Носков, Н.М. Основы выращивания телят / Н.М. Носков. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 296 с.
5. Кумсиев, Ш.А. Болезни органов пищеварения животных / Ш.А. Кумсиев. – М.: Колос, 1974. – 288 с.
6. Субботин, В.В. Основные элементы профилактики желудочно-кишечной патологии новорожденных животных / В.В. Субботин, М.А. Сидоров // Ветеринария. – 2004. – №1. – С. 3-6.
7. Уша, Б.В. Клиническая диагностика внутренних незаразных болезней животных / Б.В. Уша, И.М. Беляков, Р.П. Пушкарев. – М.: КолосС, 2004. – 487 с.
8. Великанов, В.И. Физиологическое состояние, становление неспецифической резистентности и иммунологического статуса телят раннего постнатального периода онтогенеза после применения Тимогена, Полиоксидония, Ронколейкина и Синэстрола 2% коровам матерям перед отелом: коллективная монография / В.И. Великанов, А.В. Кляпнев, Л.В. Харитонов, С.С. Терентьев. – Н.Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2020. – 224 с.
9. Рецкий, М.И. Динамика биохимических показателей крови у новорожденных телят в первую неделю жизни / М.И. Рецкий, С.В. Шабунин, А.И. Золотарев, Г.Н. Блинецов, Д.Б. Чусов // С.-х. биол. Сер. Биол. Животных. – 2009. – №6. – С. 94-98.
10. Сюрин, В.Н. Диагностика вирусных болезней животных / В.Н. Сюрин, Р.В. Белоусова, Н.В. Фомина. – М.: ВНИТИБП, 2001. – 928 с.
11. Наставление по применению кормовой добавки Танамин Zn, порошка для перорального применения с кормом для оптимизации роста и воспроизводства свиней.
12. Полозюк, О.Н. Гематология / О.Н. Полозюк, Т.М. Ушакова. – Персиановский: Донской ГАУ, 2019. – 159 с.
13. Кондрахин, И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. Справочник / И.П. Кондрахин и др. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.
14. <https://www.cmd-online.ru/vracham/spravochnik-vracha/leykotsitarnaya-formula/> (Дата обращения 10.02.2023)
15. Малашко, В.В. Метаболизм и структурно функциональные изменения в организме животных и птицы при использовании катозала® / В.В. Малашко, А.Н. Кузнецов, Д.В. Малашко. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 224 с.
16. Елисеев, В.Г. Мезенхима и ее производные / В.Г. Елисеев // Гистология. – М.: Медгиз, 1963. – 672 с.
17. Гаркави, Л.Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, М.А. Уколова. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского унта, 1990. – 224 с.
18. Кудрявцев, А.А. Клиническая гематология животных / А.А. Кудрявцев, Л.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во «Колос», 1974. – 399 с.
19. <https://nsau.edu.ru/images/vetfac/images/ebooks/pages/2004/099.htm> (Дата обращения 10.02.2023)
20. Харитонов, Л.В. Влияние введения глубококостельным коровам синтетического аналога эстрогена на становление естественной резистентности у новорожденных телят / Л.В. Харитонов, О.В. Харитонova, В.И. Великанов, А.В. Кляпнев, А.В. Горина // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2018. – С. 29-37.
21. Никитин, В.Н. Атлас клеток крови сельскохозяйственных и лабораторных животных / В.Н. Никитин // Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. – 1949. – 45 с.
22. Калаева, Е.К. Фенотипы гаптоглобина как маркёры стабильности показателей клеточного иммунитета у телят в период новорождённости / Е.К. Калаева, О.А. Землянухина, В.Н. Калаев, К.А. Ефимова, А.Е. Черницкий, Н.Н. Каверин, Е.А. Двурекова // Генетика и разведе-

ление животных. – 2018. – № 4. – С. 34-42.

23. Харитонов, Л.В. Физиолого-биохимические показатели биологических жидкостей у телят / Л.В. Харитонов // Сельскохозяйственные животные. Физиологические и биохимические параметры организма. Справочное пособие. – Боровск: ВНИИФБиП, 2002. – С. 183-190.

24. Ватутин Н.Т., Ещенко Е.В. Лимфопения: основные причины развития // Архивъ внутренней медицины. 2016. №2 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/limfopeniya-osnovnye-prichiny-razvitiya> (дата обращения: 20.03.2023).

25. <https://pomedicine.ru/2961-monocitoz-prichiny-i-lechenie.html> (Дата обращения 10.02.2023)

## REFERENCES

1. Zhirkov, I.N. Nitroergic regulation of digestion / I.N. Zhirkov // Agricultural biology. – 1999. – №2. – P. 25-37.

2. Zhirkov, I.N. Efficacy of sodium acetate in diarrhea of newborn calves / I. N. Zhirkov, I. I. Bratukhin, V. V. Gavrilin // Veterinary medicine. – 2001. – №10. – P. 39-41.

3. Retsky, M.I. The system of antioxidant protection in animals under stress and its pharmacological regulation: abstract dis.... Doctor of Biological Sciences: 03.00.04 / All-Union Scientific and Technical University institute of pathology, pharmacology and therapy. – Voronezh, 1997. – 51 p.

4. Noskov, N.M. Fundamentals of calf rearing / N.M. Noskov. – M.: Selkhozgiz, 1956. – 296 p.

5. Kumsiev, Sh.A. Diseases of the digestive organs of animals / Sh.A. Kumsiev. – M.: Kolos, 1974. – 288 p.

6. Subbotin, V.V. Basic elements of prevention of gastrointestinal pathology of newborn animals / V.V. Subbotin, M.A. Sidorov // Veterinaria. – 2004. – №1. – P. 3-6.

7. Usha, B.V. Clinical diagnostics of internal non-infectious animal diseases / B.V. Usha, I.M. Belyakov, R.P. Pushkarev.

– M.: Kolos, 2004. – 487 p.

8. Velikanov, V.I. Physiological state, formation of nonspecific resistance and immunological status of calves of the early postnatal period of ontogenesis after the use of Thymogen, Polyoxidonium, Roncoleukin and Synestrol 2% to mother cows before calving: collective monograph / V.I. Velikanov, A.V. Klyapnev, L.V. Kharitonov, S.S. Terentyev. – N. Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2020. – 224 p.

9. Retsky, M.I. Dynamics of biochemical blood parameters in newborn calves in the first week of life / M.I. Retsky, S.V. Shabunin, A.I. Zolotarev, G.N. Gemini, D.B. Chusov // S.-H. biol. Ser. Biol. Animals. – 2009. – № 6. – P. 94-98.

10. Syurin, V.N. Diagnostics of viral diseases of animals / V.N. Syurin, R.V. Belousova, N.V. Fomina. – M.: VNITIBP, 2001. – 928 p.

11. Instructions on the use of the feed additive Tanamin Zn, powder for oral use with feed to optimize the growth and reproduction of pigs.

12. Polozyuk, O.N. Hematology / O.N. Polozyuk, T.M. Ushakova. – Persianovsky: Donskoy GAU, 2019. – 159 p.

13. Kondrakhin, I.P. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics. Handbook / I.P. Kondrakhin and others. – M.: Kolos, 2004. – 520 p.

14. <https://www.cmd-online.ru/vracham/spravochnik-vracha/leykotsitarnaya-formula/> (Дата обращения 10.02.2023)

15. Malashko, V.V. Metabolism and structural and functional changes in the body of animals and birds when using catosal® / V.V. Malashko, A.N. Kuznetsov, D.V. Malashko. – Grodno: GSAU, 2010. – 224 p.

16. Eliseev, V.G. Mesenchyme and its derivatives / V.G. Eliseev // Histology. – M.: Medgiz, 1963. – 672 p.

17. Garkavi, L.H. Adaptive reactions and resistance of the organism / L.H. Garkavi, E.B. Kvakina, M.A. Ukolova. – Rostov-on-Don: Publishing House of the Rostov University, 1990. – 224 p.

18. Kudryavtsev, A.A. Clinical hematology

ogy of animals / A.A. Kudryavtsev, L.A. Kudryavtseva. – M.: Publishing house «Kolos», 1974. – 399 p.

19. <https://nsau.edu.ru/images/vetfac/images/ebooks/pages/2004/099.htm> (Дата обращения 10.02.2023)

20. Kharitonov, L.V. The effect of the introduction of a synthetic analogue of estrone to down-calvers on the formation of natural resistance in newborn calves / L.V. Kharitonov, O.V. Kharitonova, V.I. Velikanov, A.V. A.V. Klyapnev, A.V. Gorina // Problems of biology of productive animals. – 2018. – P. 29-37.

21. Nikitin, V.N. Atlas of blood cells of agricultural and laboratory animals / V.N. Nikitin // State Publishing House of Agricultural Literature. – 1949. – 45 p.

22. Kalaeva, E.K. Haptoglobin phenotypes as markers of stability of cellular immunity in calves during the newborn peri-

od / E.K. Kalaeva, O.A. Zemlyanukhina, V.N. Kalaev, K.A. Efimova, A.E. Chernitsky, N.N. Kaverin, E.A. Dvurekova // Genetics and animal breeding. – 2018. – № 4. – P. 34-42.

23. Kharitonov, L.V. Physiological and biochemical parameters of biological fluids in calves / L.V. Kharitonov // Agricultural animals. Physiological and biochemical parameters of the body. Reference manual. – Borovsk: VNIIFBiP, 2002. – P. 183-190.

24. Vatutin N.T., Eshchenko E.V. Lymphopenia: the main causes of development // Archive of Internal Medicine. 2016. №2 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/limfopeniya-osnovnye-prichiny-razvitiya> (accessed: 03/20/2023).

25. <https://pomedicine.ru/2961-monocitoz-prichiny-i-lechenie.html> (Дата обращения 10.02.2023)

УДК: 619:636.2:579.842.1/2:578

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.407

## ЭТИОЛОГИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫХ И РЕСПИРАТОРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ТЕЛЯТ В УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Макарова В.Н.** – к.вет.н., старший научный сотрудник (ORCID 0000-0002-1687-5173), **Бадеева О.Б.** – старший научный сотрудник (ORCID 0000-0002-2708-799X), **Корюкина М.В.** - научный сотрудник (ORCID 0000-0002-62501922), **Симанова И.Н.** - заведующий отделом по изучению болезней животных инфекционной этиологии, соискатель (ORCID 0000-0001-5264-3815)

Вологодский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук»

\* marischka7786@mail.ru

**Ключевые слова:** молодняк, крупный рогатый скот, заболеваемость, бактерии, вирусы, ассоциации микроорганизмов, респираторные, желудочно-кишечные болезни, антитела, иммуноферментный анализ, полимеразная цепная реакция.

**Key words:** young animals, cattle, morbidity, bacteria, viruses, associations of microorganisms, respiratory, gastrointestinal diseases, antibodies, enzyme immunoassay, polymerase chain reaction.

Поступила: 14.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

В статье отражены эпизоотологические, статистические, бактериологические, вирусологические и молекулярно-генетические результаты исследований. По данным государственной ветеринарной отчетности за последние пять лет, в Вологодской области ежегодно переболевает в среднем 123,6 тыс. голов крупного рогатого скота, в том числе 34,3 тыс. голов молодняка, или  $52,9 \pm 1,9\%$  и  $43,6 \pm 2,6\%$  соответственно от имеющегося поголовья. За анализируемый период пало 3,0 тыс. голов крупного рогатого скота, показатель смертности в среднем составил  $1,8 \pm 0,1\%$  к обороту стада. В результате бактериологических исследований материала от больных и павших животных изолированы следующие микроорганизмы: *Klebsiella* (7,6 %), *E. Coli* (6,1 %), *Proteus* (5,4 %), *Citrobacter* (4,6 %), *Salmonella enteritidis* (2,3 %). При типировании культур кишечных палочек были определены следующие серологические группы: 0115; 0119; 0137, которые являются возбудителями колидиареи и септицемии, а такие как 026; 086 – мастита у коров. Патогенные свойства *Escherichia*, нетипируемых по антигену, а также других культур определяли в биологической пробе на белых мышах. Для диагностики вирусной диареи использовали метод ИФА. В 40,0% исследованных проб сыворотки крови результат оказался положительным. Титр антител варьировал от 1:800 до 1:6400, что говорит о циркуляции вируса и возможном этиологическом участии в заболевании животных. Сомнительный результат был получен в 25,0 % образцах. При исследовании проб носовых истечений, фекалий телят, а также влагалищной слизи у коров был обнаружен

герпесвируса. При исследовании спермы быков-производителей, как возможного источника герпесвируса, методом ПЦР был выявлен альфагерпесвирус КРС в 25,0% исследованных образцов.

Таким образом, основными этиологическими агентами кишечных и респираторных болезней молодняка КРС в хозяйствах области являются перечисленные выше патогенные бактерии и вирусы, что говорит о необходимости дальнейшего совершенствования системы противоэпизоотических мероприятий.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Успешное развитие скотоводства во многом зависит от эффективности ветеринарно-санитарных мероприятий, направленных на предупреждение заболеваемости молодняка. Между тем, в последнее время наметилась определенная тенденция к увеличению заболеваемости органов дыхания и пищеварения у молодняка КРС [1,2]. Причем, большой урон эти заболевания причиняют специализированным хозяйствам, которые базируются на, так называемом, сборном поголовье [5,8]. Этиология респираторных заболеваний молодняка крупного рогатого скота очень сложна. Возбудителей этих болезней подразделяют на 2 группы: первую составляют рота-, корона-, парво-, герпес- и пестивirusы, патогенность которых доказана бесспорно. Ко второй группе возбудителей острых респираторных инфекций относятся бактерии: пастереллы, сальмонеллы, кокковая микрофлора, микоплазмы и анаэробы [3,4,8].

Коварство вирусных инфекций, поражающих слизистые оболочки, в том и заключается, что они, разрушая покровные барьеры, открывают ворота патогенной и условно-патогенной микрофлоре, наводняющей и разрушающей жизненно важные органы животного организма [11,12]. Одновременное выделение из организма больного животного вирусов, бактерий и микоплазм дало основание говорить о комплексной микробной этиологии респираторных заболеваний. При этом, роль пускового механизма отводится вирусу, а бактериальные наслоения рассматриваются как осложняющий фактор [6,7,9,10].

Несмотря на большое количество работ, посвященных изучению этиологии смешанных болезней, этот вопрос окончательно не решен, отсутствует четкая

схема представлений об этиологическом значении отдельных бактерий и их взаимодействиях при поражении органов пищеварения и дыхания молодняка крупного рогатого скота [5]. Исследования в указанном направлении по-прежнему актуальны.

**Цель исследований:** изучение этиологии смешанных респираторных и желудочно-кишечных болезней молодняка крупного рогатого скота.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

В работе использованы эпизоотологический, бактериологический, серологический, вирусологический, молекулярно-генетический и статистический методы исследований. Проведено 156 исследований, в том числе: серологическим методом – 20 проб сывороток крови в ИФА для выявления уровня специфических антител к пестивirusу, 20 проб сперма быков производителей методом ПЦР на наличие герпесвирусной инфекции, бактериологическим методом – 116 проб биоматериала от павших и больных телят до 4-х месячного возраста из пяти животноводческих хозяйств Вологодской области. Идентифицирована 131 культура микроорганизмов в соответствии с «Методическими указаниями по бактериологической диагностике смешанной кишечной инфекции молодняка животных, вызываемой патогенными энтеробактериями», (утв. Департаментом ветеринарии Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ, 1999 г); «Методическими указаниями по бактериологической диагностике колибактериоза (эшерихиоза) животных» (М.2000); «Методическими указаниями по лабораторным исследованиям на псевдомоноз животных и птиц» (М.1988); Методическими указаниями по лабораторной диа-



гностике стрептококкоза животных» (М.1990); «Методическими указаниями по лабораторной диагностике стафилококкоза животных» (М.1987); «Методы лабораторной диагностики клостридиозов», ГОСТ 26503-85; «Лабораторные исследования в ветеринарии» (М. 1971).

Выделение вирусной ДНК проводили с использованием коммерческого набора «ДНК-экстрен» (ЗАО «Синтол»), согласно прилагаемой инструкции. Серологическую идентификацию эшерихий проводили диагностическими сыворотками («Армавирская биофабрика»), в соответствии с рекомендациями «Наставления по применению агглютинирующих О-количесывороток» (М.,1998).

Для определения патогенных свойств бактерий использовали агаровые культуры микроорганизмов: *E. coli*, *Proteus*, *Citrobacter*, *Staphylococcus*. С каждой из двух культур одного вида бактерий готовили смывы стерильным физиологическим раствором. Устанавливали взвесь

бактерий в концентрации 1 млрд. микробных клеток/см<sup>3</sup> (по оптическому стандарту мутности), после чего их смешивали в равной пропорции. Взвешивали культур каждого вида бактерий заражали по 3 белые мышки массой 14-15 гр. внутрибрюшинно в дозе 0,5 мл. Культура признается патогенной в случае гибели двух и более мышей в течение трех суток после заражения. Всего использовали 18 мышей.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Смешанные респираторные и желудочно-кишечные болезни молодняка крупного рогатого скота остаются одной из актуальных проблем ветеринарии в Вологодской области. По официальным статистическим данным, за 2017-2021 гг. заболело 123,6 тыс. голов крупного рогатого скота, в том числе 34,3 тыс. голов молодняка, или 52,9±1,9 % и 43,6±2,6 % соответственно от имеющегося поголовья (таблица 1).

Таблица 1

Анализ состояния поголовья крупного рогатого скота  
в хозяйствах Вологодской области, за последние 5 лет

| Показатели                                  | На начало года |       |       |       |       | M±m       |
|---------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
|                                             | 2018           | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  |           |
| Поголовье крупного рогатого скота, тыс. гол | 156,6          | 156,2 | 158,1 | 161,3 | 148,4 | 156,1±2,2 |
| В обороте скота, тыс. гол.                  | 232,3          | 235,4 | 235,6 | 241,8 | 223,7 | 233,8±4,0 |
| Заболело, тыс. гол.                         | 116,1          | 116,8 | 124,4 | 131,1 | 129,7 | 123,6±3,4 |
| Заболееваемость, %                          | 50,0           | 49,6  | 52,8  | 54,2  | 57,9  | 52,9±1,9  |
| Пало, тыс. гол.                             | 3,1            | 3,0   | 2,7   | 3,0   | 3,4   | 3,0±0,2   |
| Смертность, %                               | 2,0            | 1,9   | 1,7   | 1,9   | 1,5   | 1,8±0,1   |
| Летальность, %                              | 2,6            | 2,6   | 2,2   | 2,3   | 2,6   | 2,5±0,1   |
| Сохранность, %                              | 98,0           | 98,1  | 98,3  | 98,1  | 97,4  | 97,9±0,2  |
| Родилось телят, тыс. гол                    | 77,1           | 79,3  | 77,5  | 80,9  | 79,5  | 78,9±0,9  |
| Заболело телят, тыс. гол.                   | 35,1           | 32,8  | 38,9  | 31,2  | 33,7  | 34,3±1,7  |
| Заболееваемость, %                          | 45,5           | 41,3  | 50,2  | 38,5  | 42,4  | 43,6±2,6  |
| Пало телят, тыс. гол.                       | 2,7            | 2,5   | 2,0   | 2,3   | 2,4   | 2,4±0,2   |
| Смертность, %                               | 3,5            | 3,1   | 2,6   | 2,8   | 3,1   | 3,0±0,2   |
| Летальность, %                              | 7,7            | 7,5   | 5,2   | 7,8   | 7,2   | 7,1±0,6   |
| Сохранность, %                              | 96,5           | 96,9  | 97,4  | 97,2  | 96,9  | 96,9±0,2  |

Заболееваемость в целом крупного рогатого скота, так и молодняка по годам колебалась незначительно, коэффициент вариации составил соответственно 7,9 % и 13,4 %.

Изучение структуры заболееваемости крупного рогатого скота показало, что наибольший процент заболееваемости незаразными болезнями приходится на болезни органов размножения (47,8%), пищеварения (26,1%) и обмена веществ (12,8%).

За анализируемый период пало 3,0 тыс. голов крупного рогатого скота, показатель смертности в среднем составил  $1,8 \pm 0,1$  % к обороту стада. Падеж по годам колебался по сравнению с заболееваемостью, более значительно ( $C_v=13,8$  %). Согласно ветеринарной статистике, ежегодно погибает в среднем  $2,4 \pm 1,2$  % телят. В целом же следует отметить заметные колебания этого показателя по годам ( $C_v=14,7\%$ ).

Падеж при незаразных болезнях регистрируется в основном от патологии органов пищеварения (56,4%), дыхания (20,7%) и обмена веществ (14,3%). Удельный вес падежа от инфекционных болезней КРС в 2021 году составлял 5,5 %, что выше в 1,3 раза по сравнению с 2020 годом (рис. 2).

В животноводческих хозяйствах области 27,2 % телят погибает в возрасте от рождения до 10 дней, 23,2 % – от 11 до 30 дней, 16,7 % – от одного до трех месяцев, 5,2 % – от трех до шести месяцев и лишь 2,7 % гибнут в более позднем возрасте – от 6 до 12 месяцев. Таким образом, анализ статистических данных показал, что заболееваемость молодняка крупного рогатого скота в хозяйствах области остается на высоком уровне.

По результатам собственных бактериологических исследований, проведенных в 2021 году, изолированы следующие микроорганизмы: *Klebsiella pneumoniae* (7,6 %), *E. coli* (6,1 %), *Proteus mirabilis* (5,4 %), *Citrobacter freundii* (4,6 %), *Salmonella enteritidis* (2,3 %).

Типирование культур кишечных палочек проводили с помощью набора О-

колизывороток. В результате были определены этиологически значимые серологические группы: 0115; 0119; 0137 – возбудителей колидиареи и септицемии, 026; 086 – мастита у коров. Патогенность не типизируемых по О- антигену эшерихий и патогенность других культур определяли в биопробе на белых мышах. В опыте использовали 4 изолята *Citrobacter*, 2 – *Staphylococcus*, по одному – *Proteus* и *E. coli*. Оказалось, что наибольшей патогенностью обладали изоляты культур рода *Citrobacter*. Они вызывали гибель всех мышей на вторые сутки после заражения. Наименьшая патогенность установлена у изолята *Proteus*: в течение 3 суток пала только одна мышь, оставшиеся две пали на 4-е сутки. Ассоциативное воздействие *Staphylococcus* и *E. coli*, а также *Proteus* и *Citrobacter* вызывало гибель всех животных в течение двух суток.

Спектр выделенных микроорганизмов из патологического материала отражен в таблице 2.

Из данных таблицы видно, что наиболее часто встречались ассоциации микроорганизмов, которые были выделены в следующих сочетаниях: *Clostridium*+*Streptococcus* (46,2%); *Pasteurella*+*Streptococcus* (23,1%); *E. coli*+*Staphylococcus* (11,5%); *Proteus*+*Citrobacter* (19,2%).

Пастерелла была представлена видом *Pasteurella haemolytica* в 13,7 % случаев. Циркулирующие среди телят грамположительные микроорганизмы были представлены видами *Staphylococcus aureus* – 4,6 %, *Enterococcus faecalis* и *Streptococcus bovis* – 15,3%, а также анаэробными микроорганизмами

*Clostridium perfringens*, *Clostridium histolyticum*, *Clostridium sordellii* – в 12,9 % случаев, которые при неблагоприятных условиях становятся патогенными и вызывают тяжелые интоксикации с высокой смертностью животных. Также были выделены грибы рода *Candida* – 4,6%. В одном из хозяйств из материала от павших телят методом ПЦР были обнаружены патогенные микоплазмы.

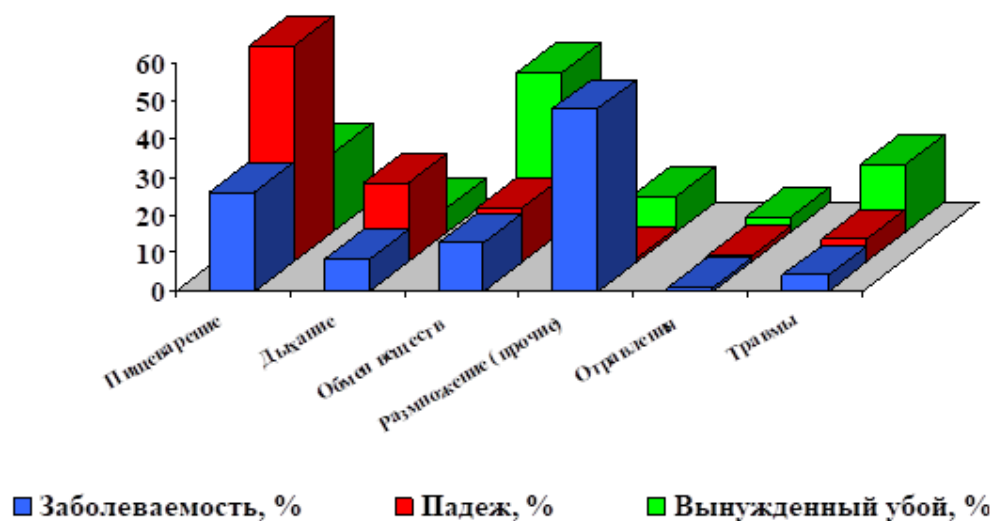


Рис. 1 Удельный вес заболеваемости, падежа и вынужденного убоя при различных болезнях, за 2021 год

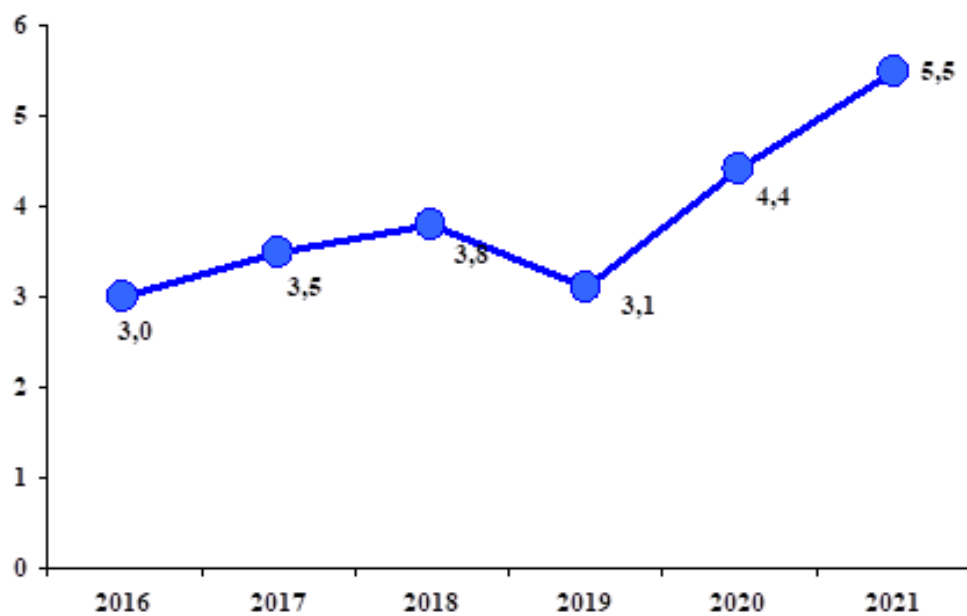


Рис. 2 Анализ уровня падежа КРС от инфекционных болезней за 5 лет

Таблица 2

**Выделение культур микроорганизмов из патологического материала телят**

| Микроорганизмы         | Количество культур | % выделенных культур |
|------------------------|--------------------|----------------------|
| 1. E. coli             | 8                  | 6,1                  |
| 2. Citrobacter         | 6                  | 4,6                  |
| 3. Pseudomonas         | 4                  | 3,0                  |
| 4. Staphylococcus      | 6                  | 4,6                  |
| 5. Streptococcus       | 20                 | 15,3                 |
| 6. Clostridium         | 17                 | 12,9                 |
| 7. Pasteurella         | 18                 | 13,7                 |
| 8. Proteus             | 7                  | 5,4                  |
| 9. Salmonella          | 3                  | 2,3                  |
| 10. Klebsiella         | 10                 | 7,6                  |
| 11. Грибы рода Candida | 6                  | 4,6                  |
| 12. Ассоциации         | 26                 | 19,9                 |
| Всего                  | 131                | 100,0                |

Вирусологическими методами исследовали 40 проб биоматериала (табл. 3).

В течение нескольких лет в животноводческих хозяйствах Вологодской области наблюдали массовые заболевания телят с симптомами угнетения, лихорадки, конъюнктивита, ринита. У коров и телок диагностировали вульвовагиниты со слизистыми выделениями. Эти симптомы в большинстве случаев связаны с распространением герпесвируса. При исследовании проб носовых истечений, фекалий телят, а также влагалищной слизи у коров, был обнаружен герпесвирус. Полученные ранее результаты исследований послужили основанием для исследования спермы быков-производителей, как возможного источника инфекции на наличие выше указанного вируса, поскольку вирус хорошо сохраняется в замороженной сперме и передается при искусственном осеменении.

Помимо клинических признаков респираторных инфекций у коров также наблюдали аборт на разных стадиях беременности, рождение мертвых телят, что позволило предположить циркуляцию в животноводческих хозяйствах вируса диареи (ВД-БС).

С целью обнаружения антител ВД-БС методом ИФА брали образцы сыворотки крови от телят. Так, в 40,0 % исследованных проб результат оказался положительным. Титр антител варьировал от 1:800 до 1:6400, что говорит о циркуляции вируса и возможном этиологическом участии в заболевании животных. Сомнительный результат был получен в 25,0% образцах (1:200-1:400), остальные 35,0% были отрицательными.

В результате ПЦР был выявлен альфа-герпесвирус КРС, в сперме быков положительными оказались 25,0% исследованных образцов.

Таблица 3

**Результаты вирусологического исследования биоматериала методами ИФА и ПЦР**

| Показатели            | ВД-БС в ИФА (сыворотка крови) | Герпесвирус в ПЦР (сперма) |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Исследовано проб      | 20                            | 20                         |
| Положительных проб, % | 40,0                          | 25,0                       |

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании результатов собственных исследований, а также данных ветеринарной отчетности установили, что в хозяйствах Вологодской области имеют место массовые заболевания крупного рогатого скота с симптомами поражения ЖКТ и респираторных органов. В результате проведения бактериологических исследований биоматериала от таких животных была выделена 131 культура различных микроорганизмов. В моноварианте бактерии выделялись в 80,1 %, а в ассоциациях в 19,9 % случаев. Наиболее часто встречались ассоциации: Clostridium+Streptococcus (46,2%); Pasteurella+Streptococcus (23,1%); E. coli+Staphylococcus (11,5%); Proteus+Citrobacter (19,2%).

Установлена этиологическая структура эшерихиоза телят, представленная следующими серологическими группами: 0115; 0119; 0137, которые являются возбудителями диареи и септицемии.

При диагностике вирусной диареи методом ИФА в 40,0% исследованных проб сыворотки крови телят результат оказался положительным. Титр антител варьировал от 1:800 до 1:6400, что говорит о циркуляции вируса и возможном этиологическом участии его в заболевании животных. Сомнительный результат был получен в 25,0 % образцов.

При исследовании спермы быков-производителей, как возможного источника герпесвируса, методом ПЦР был выявлен альфагерпесвирус КРС в 25,0% исследованных образцов.

Таким образом, основными этиологическими агентами кишечных и респираторных болезней молодняка КРС в хозяйствах области являются перечисленные выше патогенные бактерии и вирусы, что говорит о необходимости дальнейшего совершенствования системы противоэпизоотических мероприятий.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Басова Н.Ю., Староселов М.А., Схатум А.К., Федоров Ю.Е. Пачина В.В. Структура респираторных болезней молодняка

крупного рогатого скота бактериальной этиологии // Ветеринария Кубани. – № 4. – 2017. – С. 13-14.

2. Данилов С.Ю. Респираторные заболевания телят в промышленном животноводстве // Ветеринария. – 2011. – №3. – С. 12-15

3. Кондакова И.А., Ленченко Е.М., Ломова Ю.В. Исследование нозологического профиля инфекционной патологии телят / Вестник РГАТУ–№ 2 (34). – 2017. – С. 17-21

4. Красиков А.П., Трофимов И.Г., Алексеева И.Г., Заболотных М.В. Комплексная диагностика ассоциативных инфекционных болезней крупного рогатого скота Ветеринарная патология. – №1.–2014.– С. 13-20

5. Макарова В.Н., Симанова И.Н., Бадеева О.Б., Корюкина М.В. Эпизоотологические аспекты острых желудочно-кишечных болезней новорожденных телят в хозяйствах Вологодской области // Ветеринария и кормление. – 2019. – № 2. – С. 26-27.

6. Пирожков М.К., Ленев С.В., Викторова Е.В., Стрельченко С.А., Тихонов Л.И., Складов О.Д. Диагностика, специфическая профилактика и лечение бактериальных болезней животных. // Ветеринария. – № 1.– 2011.– С.24-28

7. Скородумов Д.И., Субботин В.В., Сидоров М.А., Костенко Т.С. Микробиологическая диагностика бактериальных болезней животных: - М.: Изограф Ъ. – 2005. – с. 656

8. Тамбиев Т.С., Тазаян А.Н., Бывайлов В.П., Кошляк В.В. Этиологическая структура ассоциативных желудочно-кишечных инфекций телят в хозяйствах Ростовской области // Ветеринарная патология. – № 1. – 2016.– С.12 -16.

9. Шилова Е.Н., Ряпосова М.В., Шкуратова И.А., Вялых Е.В. Вирусная диарея – болезнь слизистых оболочек крупного рогатого скота в Уральском регионе // Ветеринария. – 2014. № 5. – С. 19-21

10. Юров Г.К. Специфичность гуморальной иммунной реакции у быков-производителей на маркированную вакцину против ИРТ / Г.К. Юров, С.В. Алек-



сеенкова, К.П. Юров // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2012. – № 3. – С. 14-16.

11. Юров К.П. Герпесвирусы – возбудители массовых заболеваний крупного рогатого скота / К.П. Юров, А.Ф. Шуляк // Ветеринария. – 1998. – № 11. – С. 10-12.

12. Makarova V.N., Badeeva O.B., Simanova I.N., Korukina M.V. Etiology and diagnosis of the gastrointestinal and respiratory diseases of calves in the farms of the vologda region / В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – С. 72027.

#### REFERENCES

1. Basova N.Yu., Staroselov M.A., Skhatum A.K., Fedorov Yu.E. Pachina V.V. The structure of respiratory diseases of young cattle of bacterial etiology // Veterinary of Kuban. - № 4. - 2017. - P. 13-14. (In Russ.)  
2. Danilov S.Yu. Respiratory diseases of calves in industrial animal husbandry // Veterinary. - 2011. - № 3. – pp. 12-15 (In Russ.)  
3. Kondakova I.A., Lenchenko E.M., Lomova Yu.V. Study of the nosological profile of the infectious pathology of calves / Bulletin of the RGATU - No. 2 (34). - 2017. - P. 17-21 (In Russ.)  
4. Krasikov A.P., Trofimov I.G., Alekseeva I.G., Zabolotnykh M.V. Complex diagnostics of associative infectious diseases of cattle Veterinary pathology. – No. 1.–2014.– P. 13-20 (In Russ.)  
5. Makarova V.N., Simanova I.N., Badeeva O.B., Koryukina M.V. Epizootological aspects of acute gastrointestinal diseases of newborn calves in the farms of the Vologda

region // Veterinary and feeding. - 2019. - No. 2. - P. 26-27. (In Russ.)

6. Pirozhkov M.K., Lenev S.V., Viktorova E.V., Strelchenko S.A., Tikhonov L.I., Sklyarov O.D. Diagnosis, specific prevention and treatment of bacterial animal diseases. // Veterinary. - No. 1. - 2011. - P. 24-28

7. Skorodumov D.I., Subbotin V.V., Sidorov M.A., Kostenko T.S. Microbiological diagnostics of bacterial animal diseases: - M.: Izograph Ъ. - 2005. - p. 656(In Russ.)

8. T. S. Tambiev, A. N. Tazayan, V. P. Byvailov, and V. V. Koshlyak, Russ. The etiological structure of associative gastrointestinal infections in calves in the farms of the Rostov region // Veterinary pathology. - № 1. - 2016. - P.12 -16. (In Russ.)

9. Shilova E.N., Ryaposova M.V., Shkuratova I.A., Vyalykh E.V. Viral diarrhea - a disease of the mucous membranes of cattle in the Ural region // Veterinary. - 2014. № 5. - P. 19-21 (In Russ.)

10. Yurov G.K. The specificity of the humoral immune response in sires to a labeled vaccine against RTI / G.K. Yurov,S.V. Alekseenkova, K.P. Yurov // Russian Veterinary Journal. Farm animals. - 2012. - № 3. - P. 14 -16. (In Russ.)

11. Yurov K.P. Herpesviruses - causative agents of mass diseases of cattle / K.P. Yurov, A.F. Shulyak // Veterinary. - 1998. - № 11. - P. 10-12. (In Russ.)

12. Makarova V.N., Badeeva O.B., Simanova I.N., Korukina M.V. Etiology and diagnosis of the gastrointestinal and respiratory diseases of calves in the farms of the vologda region / In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. - 2020. - S. 72027

УДК: 619:616.36-07:636.4

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.415

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ БОЛЕЗНЕЙ ПЕЧЕНИ У СВИНОМАТОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КРОВИ

Петровский С. В., канд. вет. наук, доцент (ORCID 0000-0001-5912-7258)

УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия  
ветеринарной медицины»

\*vsavm\_sergey@tut.by

**Ключевые слова:** свиноматки, гепатопатии, гепатодистрофия, гепатит, распространение, сывороточные биохимические синдромы.

**Key words:** sows, hepatopathy, hepatodystrophy, hepatitis, dissemination, serum biochemical syndromes.

Поступила: 23.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

На свиноматок в условиях промышленных комплексов воздействуют этиологические факторы, приводящие к развитию патологий печени (гепатопатий). Изучение их распространения у свиноматок на основании прижизненного изучения биохимического состава крови обуславливают актуальность работы. Для чёткого суждения о распространении болезней печени у свиноматок были определены три возрастные группы животных: свиноматки с одним опоросом (супоросные ремонтные свинки), свиноматки с 2-3 опоросами и свиноматки с 4 и более опоросами. В каждую возрастную группу были включены по 100 супоросных и 100 подсосных свиноматок (всего 600 животных). Подбор животных для отбора крови осуществляли рандомно.

В крови свиноматок определяли биохимические показатели воспалительно-мезенхимального, цитолитического, гепатодепрессивного и холестатического синдромов. При интерпретации полученных показателей определяли свиноматок с изменениями биохимического состава крови, характеризующего данные синдромы.

Установлено, что среди супоросных и подсосных свиноматок с увеличением количества опоросов увеличивается количество животных с биохимическими изменениями в крови, характеризующими патологии печени. У супоросных свиноматок количество животных с гепатопатиями увеличилось с 20% у ремонтных свинок до 81% у животных с 4 и более опоросами, а у подсосных свиноматок соответственно с 34% до 85%. При этом с увеличением количества опоросов среди свиноматок, с биохимическими изменениями в крови, характеризующими развитие гепатопатий, увеличивается количество животных с показателями крови, указывающими на развитие гепатодепрессии и «угнетение» синтетической функции печени. У ремонтных свинок гепатодепрессия выявлена в 10% случаев, у свиноматок с одним опоросом - в 41,2% случаев. У супоросных и подсосных свиноматок с 4 и большим количеством опоросов – 92,6 и 92,9% соответственно.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

К настоящему времени свиноводство в Республике Беларусь развивается на интенсивной промышленной основе. Содержание животных в одинаковых условиях, соответствующих определённым стандартам, позволяет повысить рентабельность производства свинины и достигнуть высоких показателей рентабельности. Вместе с тем, нарушения требований стандартов к условиям содержания и кормления сопровождаются возникновением одинаковых патологических изменений в организме свиней и развитием комплекса заразных и незаразных болезней.

Среди данных болезней обращают на себя внимание патологии печени, обозначаемые термином гепатопатии (преимущественно, гепатиты и гепатозы), на фоне которых происходит значимое снижение продуктивности животных [1]. На преимущественно токсическую природу происхождения у свиней гепатита и гепатоза указывают результаты многочисленных исследований, проведенных отечественными и зарубежными учёными, которые указывают также и на широкое распространение гепатопатий у свиней [2-4]. Тем не менее, не всегда указывается, насколько массово данные патологии охватывают свинопоголовье, а, значит, снижается уровень понимания важности проблемы. По данным патологоанатомических вскрытий поражения печени (гепатит, гепатоз, цирроз) установлены более чем у 20% поросят участка доращивания [5, 6]. У свиноматок по данным послеубойного осмотра макроскопические изменения в печени, характеризующие гепатодистрофию, регистрировались в 65% случаев [7].

В этой связи важным представляется установление прижизненных изменений, позволяющих выявить распространение патологий печени у свиней. Последнее позволит оперативно проводить лечебно-профилактические мероприятия среди наиболее «уязвимых» половозрастных групп животных. Подобные мониторинговые исследования возможны при проведении биохимических исследований кро-

ви в рамках плановой диспансеризации [8, 9].

Целью работы стала оценка распространения болезней с поражениями печени у супоросных и подсосных свиноматок с различным количеством опоросов на основании проведения мониторинговых исследований крови.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ/MATERIALS AND METHOD.

В рамках мониторинговых исследований на протяжении ряда лет (2007-2018 годы), у супоросных и подсосных свиноматок различных возрастов (различное количество опоросов), содержащихся в условиях промышленных комплексов различной мощности отбирали кровь. Для чёткого суждения о распространении болезней печени у свиноматок были определены три возрастные группы животных: свиноматки с одним опоросом (супоросные ремонтные свинки), свиноматки с 2-3 опоросами и свиноматки с 4 и более опоросами. В каждую возрастную группу были включены по 100 супоросных и 100 подсосных свиноматок (всего 600 животных). Подбор животных для отбора крови осуществляли случайно.

В крови определяли концентрацию (активность) различных компонентов крови, характеризующих тот или иной сыворотно-биохимический синдром болезней печени. Всего было изучено 15 показателей (два из них – расчётные (глобулины и альбумин-глобулиновое соотношение (АГС)), которые были объединены в четыре синдрома (цитолитический (ЦС), воспалительно-мезенхимальный (ВМС), гепатодепрессивный (ГДС), холестатический (ХС)). По результатам проведенных исследований было установлено, что биохимические признаки различных синдромов группировались у свиноматок всех возрастных групп с различным физиологическим статусом следующим образом: «ВМС+ЦС», «ВМС+ЦС+ХС», «ВМС+ЦС+ГДС», «ЦС+ГДС».

Биохимические тесты, входящие в тот или иной синдром, подбирались на основании данных литературных источников

и результатов собственных исследований [8-13].

К показателям, характеризующим ХС, отнесли: повышение концентраций общего (ОБил) и прямого билирубина (БПр), общего холестерина (ОХ), активностей  $\gamma$ -глутамилтранспептидазы (ГГТП) и щелочной фосфатазы (ЩФ). ВМС характеризовали повышенные концентрации общего белка (ОБ), глобулинов, возрастание значений тимоловой пробы и снижение АГС.

Биохимические показатели крови, указывающие на развитие в печени ГДС (синдрома печёчно-клеточной недостаточности, гепатодепрессивного синдрома), включали снижение концентраций альбумина, глюкозы, ОХ, триглицеридов, активности холинэстеразы. ЦС характе-

ризовали высокие концентрации ОБил, БПр, сывороточного железа, активности аспартат- и аланинаминотрансфераз, ГГТП, ЛДГ.

Интерпретацию получаемых результатов проводили на основании данных, приведенных в «Нормативных требованиях к показателям обмена веществ» [14].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS.

Полученные результаты показали, что у свиноматок различных возрастов имеются преобладающие сывороточно-биохимические синдромы, характеризующие патологии печени.

Так, у супоросных ремонтных свинок и у свиноматок после первого опороса в крови преобладали изменения, характерные для ВМС и ЦС (таблица 1).

**Таблица 1**  
**Сывороточно-биохимические синдромы болезней печени у супоросных и опоросившихся ремонтных свинок (свиноматок с одним опоросом)**

| Синдромы   | Супоросные свиноматки<br>(ремонтные свинки) | Подсосные свиноматки<br>(первый опорос) |
|------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ВМС+ЦС     | 10                                          | 10                                      |
| ВМС+ЦС+ХС  | 8                                           | 10                                      |
| ВМС+ЦС+ГДС | 2                                           | 8                                       |
| ЦС+ ГДС    | 0                                           | 6                                       |

**Таблица 2**  
**Сывороточно-биохимические синдромы болезней печени у супоросных и подсосных свиноматок**

| Синдромы   | Количество опоросов   |                      |                       |                      |
|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|            | 2-3 опороса           |                      | 4 и более опоросов    |                      |
|            | Супоросные свиноматки | Подсосные свиноматки | Супоросные свиноматки | Подсосные свиноматки |
| ВМС+ЦС     | 6                     | 8                    | 0                     | 0                    |
| ВМС+ЦС+ХС  | 8                     | 10                   | 6                     | 6                    |
| ВМС+ЦС+ГДС | 14                    | 10                   | 24                    | 21                   |
| ЦС+ГДС     | 24                    | 30                   | 51                    | 58                   |

Среди супоросных свиноматок с двумя-тремя опоросами было выявлено 48% животных без биохимических изменений в крови, характерных для того или иного синдрома, а среди свиноматок с 4 и более опоросами – только 19%. После опороса удельный вес условно здоровых животных снижался и среди свиноматок с двумя-тремя опоросами составил 42%, а среди свиноматок с четырьмя и более опоросами – 15%. Среди супоросных свиноматок с развившимися гепатопатиями количество патологий, указывающих на длительное течение патологического процесса с возникновением гепатодепрессии, составило 73,1% (животные с двумя-тремя опоросами) и 92,6% (животные с четырьмя и более опоросами). Среди подсосных свиноматок с двумя-тремя опоросами количество таких животных было несколько ниже (69%) и сопоставимо (92,9%) у свиноматок с четырьмя и более опоросами.

Подобная динамика характеризует развитие дистрофических, некробиотических и некротических изменений в печени, печёночной недостаточности с угнетением синтетической функции у свиноматок с увеличением количества опоросов.

#### **Выводы / Conclusion**

1) среди супоросных и подсосных свиноматок с увеличением количества опоросов увеличивается количество животных с биохимическими изменениями в крови, характеризующими патологии печени;

2) с увеличением количества опоросов среди супоросных и подсосных свиноматок, с биохимическими изменениями в крови, характеризующими развитие гепатопатий, увеличивается количество животных с показателями крови, характеризующими гепатодепрессию и «угнетение» синтетической функции печени;

3) для предупреждения развития у супоросных и подсосных свиноматок патологий печени необходимо организовывать плановые профилактические мероприятия, начиная с половозрастной группы «ремонтный молодняк».

#### **DISTRIBUTION OF LIVER DISEASES IN SOWS ACCORDING TO THE RESULTS OF STUDYING THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLOOD**

Piatrouski S. V. - PhD of veterinary science, Associate Professor

The Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine

\*vsavm\_sergey@tut.by

#### **ABSTRACT**

Sows in industrial complexes are affected by etiological factors leading to the development of liver pathologies (hepatopathy). The study of their distribution in sows on the basis of an in vivo study of the biochemical composition of the blood determines the relevance of the work.

In order to clearly judge the prevalence of liver diseases in sows, three age groups of animals were defined: sows with one farrowing (pregnant replacement gilts), sows with 2-3 farrowings and sows with 4 or more farrowings. Each age group included 100 sows and 100 suckling sows (total 600 animals). The selection of animals for blood sampling was carried out randomly.

Sows in conditions of industrial complexes are affected by etiological factors that lead to the development of liver pathologies (hepatopathies). The study of their distribution in sows on the basis of intravital study of biochemical composition of blood causes the relevance of the work. In the blood of sows biochemical indices of inflammatory-mesenchymal, cytolytic, hepatodepressive and cholestatic syndromes were determined. When interpreting the obtained indices, sows with changes in the biochemical composition of blood characterizing these syndromes were determined.

The number of animals with biochemical changes in the blood characteristic of liver pathology increased among gestating and lactating sows with increasing number of farrows. The number of animals with hepatopathies in pregnant sows has increased from 20% in nursing pigs to 81% in animals which farrow 4 and more pigs, and in suckling sows from 34% to 85%. At the



same time, with an increase in the number of farrows among sows with biochemical changes in the blood, which characterize the development of hepatopathies, the number of animals with blood parameters indicating the development of hepatosuppression and "oppression" of the synthetic function of the liver increases. Hepatosuppression was detected in 10% of cases in repair pigs, in sows with one farrowing, in 41.2% of cases. In gestating and lactating sows with 4 and more farrows, 92.6 and 92.9%, respectively.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курдеко, А. П. Состояние приплода, рост и развитие поросят при гепатопатиях свиноматок / А. П. Курдеко, Н. К. Хлебус, Е. И. Большакова // Изв. Самар. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 2. – С. 54–60. – DOI: 10.55471/19973225\_2022\_7\_2\_54.
2. Великанов, В. В. Интенсивность перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы поросят при токсической гепатодистрофии / В. В. Великанов // Учен. зап. учреждения образования «Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины». – 2017. – Т. 53, № 1. – С. 39–42.
3. Сенько, А. В. Медикаментозные поражения печени у поросят / А. В. Сенько // Ветеринар. медицина Беларуси. – 2001. – № 8. – С. 30–31.
4. Papatsiros VG, Stylianaki I, Tsekouras N, Papakonstantinou G, Gómez-G. Nicolau NS, Letsios M, Papaioannou N. Exposure Biomarkers and Histopathological Analysis in Pig Liver After Exposure to Mycotoxins Under Field Conditions: Special Report on Fumonisin B1. Foodborne Pathog Dis. 2021 May;18(5):315-321. doi: 10.1089/fpd.2020.2867. Epub 2021 Feb 24. PMID: 33625894.
5. Емельянов, В. В. Гепатит у поросят (этиология, патогенез, диагностика и лечение при токсической форме) : автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук : 16.00.01 / В. В. Емельянов ; Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины. – Витебск, 2003. – 20 с.
6. Сенько, А. В. Токсическая гепатодистрофия у поросят (патогенез, диагностика и лечение при токсической форме) : автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук : 16.00.01 / А. В. Сенько ; Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины. – Витебск, 2001. – 20 с.
7. Великанов, В. В. Функциональное состояние печени у свиноматок в условиях промышленных технологий и его коррекция при токсической гепатодистрофии / В. В. Великанов // Вестник Вятской ГСХА. – 2020. – № 2(4). – 5 с.
8. Петровский, С. В. Изучение патологий печени у свиноматок в условиях свинокомплекса с использованием ферментодиагностики / С. В. Петровский, Н. К. Хлебус // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2013. – Т. 20 : Ветеринария. – С. 209–217.
9. Хлебус, Н. К. Вывучэнне біяхімічных паказчыкаў гепатадэпрэсіўнага сіндрому ў свінаматак / Н. К. Хлебус // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2015. – Вып. 18, ч. 2. – С. 89–96.
10. Рыжкова, О. В. Алгоритм диагностики и лечения цирроза печени : учебное пособие / О. В. Рыжкова ; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра факультетской терапии. – Иркутск : ИГМУ, 2021. – С. 18.
11. Телепнев, В. А. Сыворотно-биохимические синдромы в диагностике гепатодистрофии у поросят / В. А. Телепнев, А. В. Сенько // Проблемы сельскохозяйственного производства в изменяющихся экономических и экологических условиях : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию Смолен. с.-х. ин-та : в 4 ч. / Смолен. с.-х. ин-т. – Смоленск, 1999. – Ч. 4 : Общая биология и ветеринарная медицина. – С. 152–154.
12. Телепнев, В. А. Синдромная диагностика токсического гепатита, его осложнений и сопутствующих заболеваний у поросят-отъемышей / В. А. Телепнев, В. В. Емельянов // Учен. зап. Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины. – 2002. – Т. 38, ч. 2. – С. 113–117.
13. Цитолитический синдром при медикаментозных поражениях печени у поросят / А. В. Сенько [и др.] // Исследования

молодых ученых в решении проблем животноводства : материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 22–23 мая 2001 г. / Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины. – Витебск, 2001. – С. 215–216.

14. Нормативные требования к показателям обмена веществ у животных при проведении биохимических исследований крови : рекомендации / С. В. Петровский [и др.]. ; Департамент ветеринарного и продовольственного надзора. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 67 с.

#### REFERENCES

1. Kurdeko A.P., Khlebus N.K., Bolshakova E.I. The state of the offspring, growth and development of piglets with hepatopathy of sows [Изв. Самар. гос. с.-х. акад.]; 2022;. 2 :. 54–60. - DOI: 10.55471/19973225\_2022\_7\_2\_54. [in Russ.]
2. Velikanov VV The intensity of lipid peroxidation and the activity of the antioxidant system in piglets with toxic hepatodystrophy [Учен.зап. учреждения образования «Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины»; 2017; 53 (1) : 39–42. [in Russ.]
3. Senko A. V. Drug-induced liver damage in piglets [Ветеринар. медицина Беларуси]; 2001; 8; 30–31. [in Russ.]
4. Papatsiros VG, Stylianaki I, Tsekouras N, Papakonstantinou G, Gómez-6. Nicolau NS, Letsios M, Papaioannou N. Exposure Biomarkers and Histopathological Analysis in Pig Liver After Exposure to Mycotoxins Under Field Conditions: Special Report on Fumonisin B1. Foodborne Pathog Dis. 2021 May;18(5):315-321. doi: 10.1089/fpd.2020.2867. Epub 2021 Feb 24. PMID: 33625894.
5. Emelyanov, V.V. Hepatitis in piglets (etiology, pathogenesis, diagnosis and treatment in toxic form): author. dis. ... cand. vet. Sciences: 16.00.01 / VV Emelyanov; Vitebsk state acad. vet. medicine. - Vitebsk, 2003. - 20 p. [in Russ.]
6. Senko, A. V. Toxic hepatodystrophy in piglets (pathogenesis, diagnosis and treatment in toxic form): author. dis. ... cand. vet. Sciences: 16.00.01 / A. V. Senko; Vitebsk state acad. vet. medicine. - Vitebsk, 2001. - 20 p. [in Russ.]

7. Velikanov V.V. The functional state of the liver in sows under industrial technologies and its correction in toxic hepatodystrophy [Вестник Вятской ГСХА]; 2020; 2(4).; 5 p. [in Russ.]

8. Piatrousky S.V., Khlebus N. K. Study of liver pathologies in sows in a pig farm using enzyme diagnostics [Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр.]; 2013; Т. 20; 209–217. [in Russ.]

9. Khlebus N.K. Study of biochemical indicators of hepatodepressive syndrome in sows [Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства]; 2015.; 18 (2).; 89–96. [in Belarusian].

10. Ryzhkova O.V. Algorithm of diagnosis and treatment of cirrhosis of the liver: textbook [ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра факультетской терапии]; Irkutsk: IGMU, 2021. ; 18. [in Russ.]

11. Telepnev V A., Senko A. V. Serum-biochemical syndromes in the diagnosis of hepatodystrophy in piglets [Проблемы сельскохозяйственного производства в изменяющихся экономических и экологических условиях : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию Смолен. с.-х. ин-та ]; 1999; Part 4: General biology and veterinary medicine.;. 152-154. [in Russ.]

12. Telepnev VA, Emelyanov VV Syndromic diagnosis of toxic hepatitis, its complications and concomitant diseases in weaned piglets [Учен. зап. Витеб. гос. акад. ветеринар. Медицины]; 2002.; 38 (2); 113–117. [in Russ.]

13. Senko AV, Emelyanov VV, Telepnev VA, Vakar AN Cytolytic syndrome with drug-induced liver damage in piglets [Исследования молодых ученых в решении проблем животноводства : материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 22–23 мая 2001 г.]; 2001.; 215-216. [in Russ.]

14. Piatrouski SV, Belko AA, Kurdeko AP, Baran V P, Soboleva YuG, Vaskin VN, Shut VG., Vasilyeva YuV, Nasonov IV, Khlebus NK Normative requirements for indicators of metabolism in animals during biochemical blood tests: recommendations; [Департамент ветеринарного и продовольственного надзора]; 2019 ; 67 p. [in Russ.]

УДК: 612.13

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.421

## ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА КОРОВ

**Ипполитова Т. В.** – д.биол.н., проф., МГА ветеринарной медицины и биотехнологии имени К. М. Скрябина, РФ (ORCID 0000-0001-8362-7972), **Наумов М. М.** – д.вет.н., проф., Курская ГСХА, РФ (ORCID 0000-0001-8362-7922), **Степура Е. Е.** – к.биол.н., доцент, ИЕСТ МГПУ, РФ (ORCID 0000-0002-0554-6331), **Наумов Н. М.** – к.биол.н., старший научный сотрудник лаборатории «Агробиотехнологии» (ORCID 0000-0002-2149-4711), **Кузнецов С. В.** – к.вет.н., доцент, МГА ветеринарной медицины и биотехнологии имени К. М. Скрябина (ORCID 0000-0002-4444-5170)

\*chimik89@mail.ru

Поступила: 09.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, вегетативный статус, электрокардиограмма, крупный рогатый скот, джерсейская порода.

**Key words:** cardiovascular system, vegetative status, electrocardiogram, cattle, Jersey breed.



### РЕФЕРАТ

Исследования сердца крупного рогатого скота важны в ветеринарной практике из-за недостаточного внимания к заболеваниям сердца у данного вида животных коров джерсейской породы. Сердце имеет важное значение для организма животных, которое обеспечивает баланс между парасимпатическими и симпатическими отделами вегетативной нервной системы. В ходе опыта животные были разделены на четыре группы по показателю индекса напряжения и исходного вегетативного тонуса. Индекс напряжения (ИН) — это показатель, который наиболее полно информирует о степени напряжения компенсаторных внутренних механизмов организма, а также об уровне функционирования центрального контура регуляции сердечного ритма. Анализ сердечно-сосудистой системы животных был проведен по Р.М. Баевскому, регистрировался синусовый сердечный ритм с последующим анализом структуры. Исследования проводились с помощью современной комплексной электрокардиографической лаборатории «CONAN 4.5» разработанной в МГУ имени М.В. Ломоносова на кафедре высшей нервной деятельности. Проведен сравнительный анализ числовых характеристик электрофизиологических показателей. На основании этих данных были установлены породные особенности коров джерсейской породы. Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является широко используемым методом в медицинской практике для оценки вегетативной регуляции и состояния сердца. Математический анализ электрокардиограммы позволяет определить индексы и выявить состояние вегетативной нервной системы. Большую роль играет вопрос удовлетворения потребностей населения в молочных продуктах. По этой причине животноводческая отрасль развивается быстрыми темпами. Однако при совершенствовании молочного скотоводства необходимо учитывать физиологические возможности и особенности животных на всех этапах их онтогенеза. Изучение сердечно-сосудистой системы имеет большое значение в ветеринарной лечебно-профилактической работе.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Джерсейская порода – одна из старейших пород жирномолочного скота в мире. Все разведение этого скота началось на острове Джерси, это и явилось причиной наименования данной породы крупного рогатого скота. Долгое время эта порода оставалась чистопородной, а начиная с XIX века она экспортировалась в США и Великобританию, а затем распространилась по всему миру [1-5].

Данная порода может производить более 5000 литров молока в год и является самой высокожирной молочной породой, а при хорошем питании этот показатель может достигать 10000 литров. Среднее содержание жира в молоке составляет не менее 6%.

В зарубежных и русских источниках отсутствуют электрофизиологические параметры вариабельности сердечного ритма электрокардиограммы коров джерсейской породы [10-18].

**Целью** научной работы является: проанализировать электрофизиологические показатели вариабельности сердечного ритма коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом, а также сопоставить полученные показатели с молочной продуктивностью.

**Задачи** научной работы:

1) Провести регистрацию ЭКГ и математический анализ электрокардиограмм у исследуемых животных.

2) Проанализировать вегетативный статус и электрофизиологические показатели ЭКГ исследуемых животных.

3) Проанализировать молочную продуктивность коров джерсейской породы в зависимости от электрофизиологических параметров ЭКГ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Характеристики ЭКГ и вариабельность ритма сердца были проанализированы у 103 голов джерсейской породы. Для анализа и записи ЭКГ джерсейского скота использовали программу «CONAN-4.5» на фронтальной отводящей системе по методу М.П. Рошеского. ЭКГ записывали за два-три часа до еды. Клинические

исследования включали в себя пальпацию, перкуссию и аускультацию в строгом соответствии с методикой клинического обследования животных по Б.В. Уша.

В период проведения исследований животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания в соответствии с зоогигиеническими требованиями. Объектов составило  $n = 103$  коровы джерсейской породы, привезенные в Рязанскую область Рыбновского района село Вакино ООО «Вакинское Агро» из Дании, имеют среднюю живую массу  $412,4 \pm 19,7$  кг и чашеобразную форму вымени, на второй лактации.

При анализе электрокардиограмм коров джерсейской породы были рассчитаны индекс напряжения, а на его основе исходный вегетативный тонус, а также значения – зубцов-P, -T, интервала P-Q и значения молочной продуктивности за 305 дней в зависимости от вегетативного гомеостаза.

Степень централизации управления сердечным ритмом определяли с помощью индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, который вычисляли по формуле:

$$\text{ИН} = \frac{A \times Mo}{2 \times \Delta X \times Mo}$$

Обработку полученного материала проводили в программе Statistica 10.0 for Windows и рассчитывали следующие параметры: среднее арифметическое (M), ошибку среднего арифметического (m), t-критерий Стьюдента. Различия считались значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Полученные ЭКГ животных проанализированные с помощью программы «CONAN-4.5» значения – зубцов-P, -T, интервала P-Q и значения молочной продуктивности за 305 дней в зависимости от вегетативного гомеостаза (табл. 2). Исследуемые животные были разделены на основе индекса напряжения регуляторных систем (ИН), а на его основе установлен исходный вегетативный статус

(ИВТ). В таблице 1 представлено соотношение типов вегетативной нервной системы у исследуемых коров джерсейской породы, которое отражает исходный вегетативный тонус, рассчитанный на основе индекса напряжения.

На основе полученных данных исследуемые животные были разделены на группы в соответствии с индексом напряжения, по которому рассчитывался исходный вегетативный тонус.

Проанализировав данные таблицы 2, мы предложили следующую оценку исходного вегетативного тонуса по индексу напряжения для исследуемых животных. Среди всего массива животных наибольшее количество коров «симпатикотоников», для которых характерно преобладание симпатического отдела вегетативного тонуса над парасимпатическим, что составило 50,5%. Их больше на 41,8 %, 26,2 % и 34 %, чем «ваготоников», «нормотоников» и «гиперсимпатикотоников» соответственно, индекс напряжения данной группы – 151 – 250 у.е.

Наименьшее количество – «ваготоники», у которых преобладает парасимпатический отдел вегетативной

нервной системы над симпатическим. Количество таких коров составило 8,7 %, их меньше на 15,6 %, 41,8 % и 7,8 %, чем «нормотоников», «симпатикотоников» и «гиперсимпатикотоников» соответственно, индекс напряжения данной группы – менее 50 у.е.

«Нормотоников» оказалось меньше на 26,2 %, чем «симпатикотоников». Они характеризуются сбалансированным состоянием регуляторных систем вегетативной нервной системы – 24,3 %, их больше на 15,6 % и 7,8 %, чем «ваготоников» и «гиперсимпатикотоников» соответственно, индекс напряжения данной группы – 51 – 150 у.е.

Соответственно количество «гиперсимпатикотоников» составило 16,5 %, их больше на 7,8 %, чем «ваготоников», и меньше на 7,8 % и 34,0 %, чем «нормотоников» и «симпатикотоников» соответственно, индекс напряжения данной группы – более 251 у.е.

Группы были сформированы по принципу вегетативной регуляции, которая рассчитывалась на основе показателей индекса напряжения.

Таблица 1  
Соотношение типов вегетативной нервной деятельности в массиве исследуемых коров, %

| Исходный вегетативный тонус по индексу напряжения |             |                |                     |
|---------------------------------------------------|-------------|----------------|---------------------|
| менее 50 у.е.                                     | 51-150 у.е. | 151-250 у.е.   | более 251 у.е.      |
| Ваготония                                         | Нормотония  | Симпатикотония | Гиперсимпатикотония |
| 8,7                                               | 24,3        | 50,5           | 16,5                |

В группе «ваготоники» парасимпатические нервы преобладают над симпатическими, и зубец-Р составляет  $0,079 \pm 0,001$  сек ( $p < 0,05$ ). Это значение меньше, чем «нормотоников», «симпатикотоников» и «гиперсимпатикотоников» на 0,002 сек, 0,009 сек и 0,017 сек соответственно.

Значение зубца-Р при «нормотонии» составляет  $0,081 \pm 0,001$  сек ( $p < 0,05$ ), что

указывает на вегетативное равновесие между парасимпатической и симпатической нервными системами и напряжение в парасимпатической ВНС. Это значение на 0,002 сек больше при «ваготонии», на 0,007 сек меньше при «симпатикотонии» и на 0,015 сек меньше при «гиперсимпатикотонии».

В группе с преобладанием симпатической активности, характеризующейся



Таблица 2

Показатели вариабельности сердечного ритма исследуемых животных

| ИН, у.е. | ИВТ по ИН                  | Зубец Р, сек | Зубец Т, сек | Интервал Р-Q | Молочная продуктивность |
|----------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|
| ≤50      | Ваготония (n=9)            | 0,079±0,001  | 0,129±0,01   | 0,27±0,01    | 5448±162,1              |
| 51-150   | Нормотония (n=25)          | 0,081±0,001  | 0,134±0,01   | 0,21±0,01    | 5697±131,2              |
| 151-250  | Симпатикотония (n=52)      | 0,088±0,001  | 0,146±0,01   | 0,15±0,01    | 5903±196,5              |
| ≥251     | Гиперсимпатикотония (n=17) | 0,096±0,001  | 0,165±0,01   | 0,12±0,01    | 5668±189,7              |

*Примечание: достоверность различий зубца-Р, Т, интервала Р-Q и молочная продуктивность оценивалась между группами с применением t-критерия Стьюдента,  $p < 0,05$*

симпатическим сдвигом вегетативного баланса, значение зубца-Р составляет  $0,088 \pm 0,001$  сек ( $p < 0,05$ ). Это значение на 0,009 сек и 0,007 секунды больше, чем у животных с ИВТ «ваготония» и «нормотония» соответственно, и на 0,008 секунды меньше, чем у коров джерсейской породы с ИВТ «гиперсимпатикотония».

«Гиперсимпатикотоники» характеризуются интервалом между сердечными сокращениями  $0,096 \pm 0,001$  сек ( $p < 0,05$ ), самым низким среди всех других групп. Эти значения на 0,017 сек, 0,015 сек и 0,008 секунды больше, чем у «ваготоников», «нормотоников» и «симпатикотоников» соответственно.

Таким образом, зубец-Р, который характеризует возбудимость предсердий, разный у всех исследуемых групп, с разным вегетативным статусом. Увеличенный зубец-Р наблюдается у гиперсимпатикотоников.

Как показали наши исследования, длительность зубца-Т неодинакова у исследуемых животных с разными исходным вегетативным статусом. У животных с ИВТ «симпатикотония» и «гиперсимпатикотония» наблюдается увеличение длительности зубца-Т, что составляет  $0,146 \pm 0,01$  сек и  $0,165 \pm 0,01$  сек ( $p < 0,05$ ) соответственно. А у двух других групп с ИВТ «ваготония» и «нормотония», наблюдается уменьшение

длительности зубца-Т, что составляет  $0,129 \pm 0,01$  сек ( $p < 0,05$ ) и  $0,134 \pm 0,01$  сек ( $p < 0,05$ ) соответственно.

Полный зубец-Т свидетельствует об улучшении кровоснабжения миокарда, а также о полноценном метаболическом процессе и о том, что соответствующие биохимические процессы обеспечивают достаточную сердечную деятельность.

При анализе интервала Р-Q у коров джерсейской породы с разным значением индекса напряжения, были получены разные показатели. Наблюдается следующая физиологическая картина, с повышением и активности симпатической ВНС, значения данного показателя уменьшаются. Данный интервал отражает время атрио-вентрикулярного проведения, то есть время распространения импульса по предсердиям, АВ-узлу, пучку Гиса и его разветвлением.

Увеличение значения Р-Q свидетельствует о замедлении проводимости по атриоventрикулярному узлу. Наибольший интервал Р-Q встречается в двух исследуемых группах животных у «ваготоников» и «нормотоников»  $0,27 \pm 0,01$  сек ( $p < 0,05$ ) и  $0,21 \pm 0,01$  сек ( $p < 0,05$ ) соответственно. А уменьшение интервала наблюдается у «симпатикотоников» и «гиперсимпатикотоников» –  $0,15 \pm 0,01$  сек ( $p < 0,05$ ) и  $0,12 \pm 0,01$  сек ( $p < 0,05$ ) соответственно.

Укорочение связано с быстрым прове-

дением нервного возбуждения, происходит частая импульсация желудочков.

Таким образом, укорочение предположительно обусловлено наличием в составе проводящей системы сердца дополнительных пучков проведения. В результате осуществляется дополнительный сброс импульсов, и в определённом моменте желудочки получают двойную импульсацию, одну через физиологическую в обычном режиме, а вторую патологическую, через пучки.

Наибольшая молочная продуктивность наблюдается в двух группах, с предполагаемым ИВТ «симпатикотония» и «нормотония» –  $5903,35 \pm 196,5$  кг ( $p < 0,05$ ) и  $5696,52 \pm 131,9$  кг ( $p < 0,05$ ) соответственно, свидетельствует о том, что организм здоровых коров имеет достаточные функциональные резервы обмена веществ и энергии, чтобы справиться с нагрузкой, вызванной процессом лактации, за счет поддержания вегетативного гомеостаза.

В наших исследованиях в двух группах животных наблюдалось преобладание автономных регуляторных контуров: самый низкий показатель удоя составил  $5448,2 \pm 162,2$  ( $p < 0,05$ ) кг у коров с ИН ниже 50 у.е. и предполагаемым ИВТ «ваготония».

Исследуемый крупный рогатый скот с предполагаемым ИВТ «гиперсимпатикотония», имели более низкий показатель удоя по сравнению с «симпатикотониками» –  $5667,6 \pm 189,7$  кг ( $p < 0,05$ ). Эта группа джерсейской породы характеризуется повышенным симпатическим тонусом в вегетативной нервной системе, что указывает на интенсивный контроль сердечного ритма. Постоянная активация центральных контуров управления приводит к постоянному напряжению в системе управления, что снижает адаптационные механизмы и характеризуется переходом от здоровья к болезни. Это свидетельствует о том, что функциональные резервы, затрачиваемые механизмами вегетативной регуляции на адаптацию к лактации, недостаточны, что приводит к изменению вегетативного гомеостаза.

Таким образом, повышение зубца-Р

возможно связано с увеличением предсердий, а зубец-Т считается показателем многофункционального состояния миокарда, и полный зубец-Т показывает на то, что улучшено кровоснабжение миокарда и адекватный метаболизм.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, во время исследований установлены значения зубцов-Р, -Т и интервала Р-Q. Данные показатели можно считать, как породными особенностями данной исследуемой группы животных. При изменении симпатической активности от «ваготонии» до «гиперсимпатикотонии» значение ИН регуляторных систем повышается.

При увеличении активности от «ваготонии» до «симпатикотонии» молочная продуктивность за 305 дней увеличивается, т.е. активация симпатической вегетативной нервной системы усиливает активность гормона окситоцина, который влияет на интенсивность молокоотдачи. У «гиперсимпатикотоников» скорее всего наблюдаются гиперфункции сердечной деятельности, происходит уменьшение молочной продуктивности. В своих исследованиях мы установили взаимосвязь, при увеличении зубца-Т и -Р происходит повышение активности молочной продуктивности, а при уменьшении интервала Р-Q молочная продуктивность увеличивается.

Полученные электрофизиологические показатели ЭКГ коров джерсейской породы в состоянии относительного покоя, дают нам показатели, которые характеризуют нормальную работу сердечной деятельности, а при изменении их характеризует патологические состояния. Данные значения мы можем использовать ветеринарной медицине, при проведении практических и лабораторных занятий по физиологии в ветеринарных институтах, а также будет являться базой для дальнейших научных изысканий в области вариабельности сердечного ритма параметров ЭКГ коров джерсейской породы.

## DYNAMICS OF ELECTROPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF HEART RATE VARIABILITY IN COWS

**Ippolitova T. V.** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. M. Skryabin (ORCID 0000-0001-8362-7972), **Naumov M. M.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kursk State Agricultural Academy (ORCID 0000-0001-8362-7922), **Stepura E. E.** \* – Ph.D., Associate Professor, IEST MGPU (ORCID 0000-0002-0554-6331), **Naumov N. M.** – Ph.D., senior researcher of the laboratory "Agrobiotechnology" (ORCID 0000-0002-2149-4711), **Kuznetsov S. V.** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. M. Skryabin (ORCID 0000-0002-4444-5170)

\*chimik89@mail.ru

## ANNOTATION

Studies of the heart of cattle are important in veterinary practice due to insufficient attention to heart diseases in this type of animal of the Jersey cow breed. The heart is important for the animal organism, which provides a balance between the parasympathetic and sympathetic divisions of the autonomic nervous system. During the experiment, the animals were divided into four groups according to the stress index and the initial vegetative tone. The stress index (TI) is an indicator that most fully informs about the degree of stress of the compensatory internal mechanisms of the body, as well as the level of functioning of the central circuit of heart rhythm regulation. An analysis of the cardiovascular system of animals was carried out according to R.M. Baevsky, sinus heart rate was recorded with subsequent analysis of the structure. The studies were carried out using the modern complex electrocardiographic laboratory "CONAN 4.5" developed at the Moscow State University named after M.V. Lomonosov at the Department of Higher Nervous Activity. A comparative analysis of the numerical characteristics of electrophysiological indicators was carried out. Based on these data, the breed

characteristics of the Jersey cows were established. Analysis of heart rate variability (HRV) is a widely used method in medical practice to assess autonomic regulation and the state of the heart. Mathematical analysis of the electrocardiogram allows you to determine the indices and identify the state of the autonomic nervous system. An important role is played by the issue of meeting the needs of the population in dairy products. For this reason, the livestock industry is developing rapidly. However, when improving dairy cattle breeding, it is necessary to take into account the physiological capabilities and characteristics of animals at all stages of their ontogenesis. The study of the cardiovascular system is of great importance in veterinary medical and preventive work.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине /Р.М. Баевский. – Физиология человека, 2002. Т 28. № 2. С. 70-82.
2. Баевский Р.М. К проблеме прогнозирования функционального состояния человека в условиях длительного космического полета /Р.М. Баевский. – Физиол. Журн. СССР. 1972, 6, с.819- 827.
3. Баевский Р.М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом /Р.М. Баевский. – Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. М., Медицина.1976. С. 161 -175.
4. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М., Медицина, 1979, 205 с.
5. Воскресенский А.Д. Статистический анализ сердечного ритма и показателей гемодинамики в физиологических исследованиях /А.Д. Воскресенский, М.Д. Вентцель. – М., Наука, 1974, 221 с.
6. Лягин Ф.Ф. Костромская порода крупного рогатого скота – наша марка [Текст] /Ф.Ф. Лягин, Г.А. Бадин. – В сб.: 60 лет костромской породе крупного рогатого скота: материалы юбилейной научно-практич. конф. - Кострома, 2004. - С. 58-67.
7. Афанасьев М.Ю. Молочная продуктивность животных в связи с особенностями

- их сердечно-сосудистой системы. Автореф. дисс. канд. биол. Наук. М., ИМБП, 2016, 23 с.
8. Дебабрат М. ЭКГ. Клинические примеры [Текст] / М. Дебабрат. – Справочник. – М.: Центр развития межсекторальных программ, 2009. – С. 61-62.
9. Донник И.М. Оптимизация показателей резистентности и обменных процессов – основа повышения продуктивного долголетия коров [Текст] / И.М. Донник, И.А. Шкуратова, О.В. Соколова, О.С. Бодрова. – Ветеринария Кубани. - № 3. - Краснодар, 2010.- С. 20-21.
10. Ипполитова Т.В. Математический анализ регуляции сердечного ритма у коров / Т.В. Ипполитова. – Регуляция физиологических функций продуктивных животных. Межвуз. сб. науч. тр. – М., 1993. С. 17 – 20.
11. Ипполитова Т.В. Адаптационные процессы у коров к физиологическим и технологическим факторам / Т.В. Ипполитова. – Актуальные проблемы ветеринарной медицины. Сб. науч. тр. МГАВМиБ. – М., 2009. С. 113 – 115. 5.
12. Копылов С.Н. Показатели ЭКГ и вариабельность ритма сердца у коров при миокардиодистрофии / С.Н. Копылов. – Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – СПб, 2011. № 2. С. 45 – 48.
13. Емельянова А.С. Связь функционального состояния сердечно-сосудистой системы и молочной продуктивности коров по электрокардиографическому обследованию / А.С. Емельянова. – Автореф. дисс. докт. биол. наук. – Рязань: ФГОУ ВПО РГАУ, 2011. – 35с.
14. Мартин М. Руководство по электрокардиографии мелких домашних животных / М. Мартин. – М.: «Аквариум ЛТД», 2001. – 144с.
15. Ковалев С.П. Клиническая диагностика внутренних болезней животных: учебник / С.П. Ковалев и др.; под ред. С.П. Ковалева (Россия), А.П. Курдеко (Беларусь), К.Х. Мурзагулова (Казахстан). - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 544с.
16. Никулин И.А. Диагностика и лечение аритмий сердца у животных: учебное пособие / И.А. Никулин, Е.И. Никулина. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 171с.
17. Петров П.Е. Некоторые данные по методике электрокардиографии новорожденных телят / П.Е. Петров. – Ветеринария. - 1965.- №12.- С.54-57.
18. Рощевский М.П. Электрическая активность сердца и методы съемки электрокардиограмм у крупного рогатого скота / М.П. Рощевский – Свердловск: Уральск. науч.-исслед. с.-х. ин-т и гос. ун-т, 1958. - 79 с.
19. Прошева В.И., Ключина И.В., Рощевский М.П. Морфофизиологическая характеристика миокардиальных волокон в желудочках сердца северных оленей и коров / В.И. Прошева, И.В. Ключина, М.П. Рощевский. – Эколого-физиологические исследования в природе и эксперименте: Тез. докл. V Всесоюз. конф. по экологической физиологии и морфологии. Фрунзе, 1977. с. 369-370.
20. Рощевская И.М. Кардиоэлектрическое поле теплокровных животных и человека. С-Пб.: Наука, 2008. 250 с.
21. Рощевский М.П. Эволюционная электрокардиология. Л.: Наука, 1972. 252 с.
22. Acharya U. et al. Heart rate variability: a review // Med Bio Eng Comput. 2006. Vol. 44. P. 1031-1051.
23. Adam DR, Smith JM, Akselrod S. Fluctuations in T-wave morphology and susceptibility to ventricular fibrillation. 1984; 17 (3):209-18.
24. Adamovich BA, Baevsky RM, Berse-neva AP, Funtova II. State-of-the-art automatic evaluation of the health status in space medicine and preventive medicine. Kos-micheskaya Biologiyai Aviakosmi – cheskaya Meditsina. 1990; 24 (4):11-8.
25. Ahmed M.W. et al. Effect of pharmacologic adrenergic stimulation on heart rate variability // J. Am. Coll. Cardiol. 1994. Vol. 24. P. 1082-1090.
26. Akselrod S, Arbel J, Oz O, Benary V, David D. Spectral analysis of HR fluctuations in the evaluation of autonomous control during acute myocardial infarction. Computers in Cardiology. 1985; Pages 315-318.

## REFERENCES

1. Baevsky R.M. Analysis of heart rate variability in space medicine /R.M. Bayevsky. - Human Physiology, 2002. T 28. No. 2. S. 70-82.
2. Baevsky R.M. On the problem of predicting the functional state of a person in a long-term space flight /R.M. Bayevsky. - Physiol. Journal. THE USSR. 1972, 6, pp. 819-827.
3. Baevsky R.M. Cybernetic analysis of heart rhythm control processes /R.M. Bayevsky. - Actual problems of physiology and pathology of blood circulation. M., Medicine. 1976. pp. 161-175.
4. Baevsky R.M. Forecasting states on the verge of norm and pathology. M., Medicine, 1979, 205 p.
5. Voskresensky A.D. Statistical analysis of heart rate and hemodynamic parameters in physiological studies /A.D. Voskresensky, M.D. Wentzel. - M., Nauka, 1974, 221 p.
6. Lyagin F.F. Kostroma breed of cattle is our brand [Text] / F.F. Lyagin, G.A. Badin. - In: 60 years of the Kostroma breed of cattle: materials of the anniversary scientific and practical. conf. - Kostroma, 2004. - S. 58-67.
7. Afanasiev M.Yu. Milk productivity of animals in connection with the peculiarities of their cardiovascular system. Abstract diss. cand. biol. Sciences. M., IBMP, 2016, 23 p.
8. Debabrat M. ECG. Clinical cases [Text] / M. Debabrat. - Handbook. - M.: Center for the Development of Intersectoral Programs, 2009. - P. 61-62.
9. Donnik I.M. Optimization of indicators of resistance and metabolic processes is the basis for increasing the productive longevity of cows [Text] / I.M. Donnik, I.A. Shkuratova, O.V. Sokolova, O.S. Bodrov. - Veterinary Kuban. - No. 3. - Krasnodar, 2010.- S. 20-21.
10. Ippolitova T.V. Mathematical analysis of heart rate regulation in cows /T.V. Ippolitova. - Regulation of physiological functions of productive animals. Interuniversity. Sat. scientific tr. - M., 1993. S. 17 - 20.
11. Ippolitova T.V. Adaptation processes in cows to physiological and technological factors /T.V. Ippolitova. - Actual problems of veterinary medicine. Sat. scientific tr. MGAVMiB. - M., 2009. S. 113 - 115. 5.
12. Kopylov S.N. ECG parameters and heart rate variability in cows with myocardial dystrophy /S.N. Kopylov. - Issues of legal regulation in veterinary medicine. - St. Petersburg, 2011. No. 2. S. 45 - 48.
13. Emelyanova A.S. Communication of the functional state of the cardiovascular system and milk productivity of cows by electrocardiographic examination / A.S. Emelyanov. - Abstract. diss. doc. biol. Sciences. - Ryazan: FGOU VPO RGATU, 2011. - 35 p.
14. Martin M. Guidelines for electrocardiography of small animals / M. Martin. - M.: "Aquarium LTD", 2001. - 144 p.
15. Kovalev S.P. Clinical diagnostics of internal animal diseases: textbook / S.P. Kovalev and others; ed. S.P. Kovaleva (Russia), A.P. Kurdeko (Belarus), K.Kh. Murzagulov (Kazakhstan). - St. Petersburg: Lan, 2016. - 544 p.
16. Nikulin I.A. Diagnosis and treatment of cardiac arrhythmias in animals: textbook / I.A. Nikulin, E.I. Nikulin. - Voronezh: FGOU VPO Voronezh State Agrarian University, 2009. - 171p.
17. Petrov P.E. Some data on the method of electrocardiography of newborn calves / P.E. Petrov. - Veterinary. - 1965.- No. 12.- P.54-57.
18. Roschevsky M.P. Electrical activity of the heart and methods of shooting electrocardiograms in cattle / M.P. Roschevsky - Sverdlovsk: Uralsk. scientific research s.-x. in-t and state. un-t, 1958. - 79 p.
19. Prosheva V.I., Klyushina I.V., Roschevsky M.P. Morphophysiological characteristics of myocardial fibers in the ventricles of the heart of reindeer and cows / V.I. Prosheva, I.V. Klyushina, M.P. Roschevsky. - Ecological and physiological research in nature and experiment: Proc. report V All-Union. conf. on ecological physiology and morphology. Frunze, 1977. p. 369-370.
20. Roshchevskaya I.M. Cardioelectric field of warm-blooded animals and humans. St. Petersburg: Nauka, 2008. 250 p.
21. Roschevsky M.P. Evolutionary electrocardiology. L.: Nauka, 1972. 252 p. Acharya U. et al. Heart rate variability: a review // Med Bio Eng Comput. 2006. Vol. 44. P.



1031-1051.

22. Adam DR, Smith JM, Akselrod S. Fluctuations in T-wave morphology and susceptibility to ventricular fibrillation. 1984; 17 (3):209-18.

23. Adamovich BA, Baevsky RM, Berse-neva AP, Funtova II. State-of-the-art automatic evaluation of the health status in space medicine and preventive medicine. Kos-micheskaya Biologiyai Aviakosmi – cheskaya Meditsina. 1990; 24 (4):11-8.

24. Ahmed M.W. et al. Effect of pharmacologic adrenergic stimulation on heart rate variability // J. Am. Coll. Cardiol. 1994. Vol. 24. P. 1082-1090.

25. Akselrod S, Arbel J, Oz O, Benary V, David D. Spectral analysis of HR fluctuations in the evaluation of autonomous control during acute myocardial infarction. Computers in Cardiology. 1985; Pages 315-318.

УДК: 619:616-07.006

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.430

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СХЕМ КОНСЕРВАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРИ АЛИМЕНТАРНОЙ ЛИМФОМЕ У КОШЕК

Ленкова Н.В. \* – канд. с.-х. н., доцент каф. терапии и пропедевтики, ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет (ORCID: 0000-0002-5749-2654);  
Вольф А.В. – ветеринарный врач, дерматолог, онколог, ветеринарная клиника «Амиго»  
\*-nata.lenkova.80@mail.ru

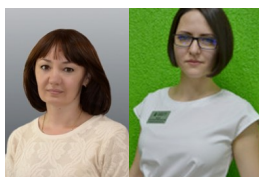
**Ключевые слова:** алиментарная лимфома, гастроинтестинальная лимфома, док-  
сирубицин, эндоксан, винбластин, преднизолон.

**Keywords:** alimentary lymphoma, gastrointestinal lymphoma, doxorubicin, endox-  
ane, vinblastine, prednisone

Поступила: 25.01.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



### РЕФЕРАТ

Лимфома является наиболее частым злокачественным новообразо-  
ванием у кошек. Без лечения смертность составляет порядка 40 -  
75% в течение 4-8 недель после постановки диагноза. В связи с  
этим данная патология требует химиотерапию практически во  
всех случаях. Цель работы – сравнить эффективность схем консер-  
вативного лечения при алиментарной лимфоме у кошек. Объектами исследова-  
ния были кошки разных пород с установленным диагнозом алиментарная лимфома возрастом от 2  
до 16 лет, средней живой массой на момент поступления 3,9 кг. Для проведения сравни-  
тельного анализа консервативного лечения алиментарной лимфомы составили опытные  
группы: I (n=10) – пациенты с I/HGAL получающие лечение по протоколу CHOP, II  
(n=10) – пациенты с I/HGAL получающие лечение по протоколу COP. Терапевтическая  
эффективность применяемых схем консервативного лечения составила 80% для обеих  
групп. Медиана выживания в I опытной группе оказалась выше на 60% и составила  
452,10±201,26 дней против 282,00±110,90 дней во второй опытной группе. Отдаленные  
результаты оказались лучше для пациентов в первой группе: выживаемость более 1 года  
60% в первой группе и 30% во второй группе, более 2-х лет 30% в первой группе и 0%  
во второй группе. Частота осложнений умеренной степени была выше для I опытной  
группы, а тяжелые осложнения наблюдалась с одинаковой частотой в обеих группах. Из  
этого следует, что токсичность протокола CHOP, несомненно, выше, чем COP.

### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Лимфома является наиболее частым  
злокачественным новообразованием у  
кошек. Без лечения смертность составля-  
ет порядка 40 - 75% в течение 4-8 недель  
после постановки диагноза. В связи с  
этим данная патология требует химиоте-

рапию практически во всех случаях. [1]

Протоколы лечения при алиментар-  
ной лимфоме применяются в зависимости  
от степени ее злокачественности. Стой-  
кой ремиссии с помощью хорошо перено-  
симого консервативного лечения  
(например, пероральное применение хло-

рамбуцила и преднизолона) можно добиться при алиментарной лимфоме низкой степени злокачественности (LGAL) [2, 3]. Промежуточная или высокая степень алиментарной лимфомы (I/HGAL и LGL) требует более агрессивной многокомпонентной комбинированной химиотерапии. Протоколы индукции в настоящее время используемые у кошек, изначально являются модификациями протоколов CHOP предназначенными для людей. [4, 5, 6]

Протокол CHOP представляет собой комбинацию циклофосамида (С, cyclophosphamide), доксорубина (Н, hydroxydaunorubicin), винкристина (О, Онковин (торговое название)) и преднизолона (Р) и подходит для кошек с лимфомами средней и высокой степени злокачественности с вовлечением любых анатомических участков (например, периферический узловый, медиастернальный и экстранодальной формы). В настоящее время большинство протоколов включают 12–25-недельную индукционную фазу, после которой химиотерапия прекращается, или используется поддерживающая химиотерапия. [1, 7, 8, 9]

**Цель работы** – сравнить эффективность схем консервативного лечения при алиментарной лимфоме у кошек.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD**

Работа выполнялась на базе Ветеринарного центра «Амиго» г. Ростова-на-Дону и на кафедре терапии и пропедевтики ФГБОУ ВО «Донской ГАУ».

Объектами исследования были кошки разных пород с установленным диагнозом алиментарная лимфома (промежуточной и высокой степени злокачественности, I/HGAL) возрастом от 2 до 16 лет, средней живой массой на момент поступления 3,9 кг. [10, 11]

Для проведения сравнительного анализа консервативного лечения алиментарной лимфомы составили опытные группы: I (n=10) – пациенты с I/HGAL получающие лечение по протоколу CHOP, II (n=10) – пациенты с I/HGAL получающие лечение по протоколу COP. Контроль –

литературные данные и контрольная группа (клинически здоровые кошки, 10 голов).

Во время проведения химиотерапии пациенты находились в стационарах марки VolfVet с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией и воздушными фильтрами с возможностью подключения оксигенотерапии (источник кислорода – кислородный концентратор Armed F6) и обогрева пациента в случае гипотермии при помощи встроенного инфракрасного обогрева с точностью регулировки температуры до 1 °С. Внутривенное введение лекарственных средств осуществлялось при помощи инфузионных насосов и шприцевых дозаторов марки Zoomed.

Для терапии кошек, больных алиментарной лимфомой, применяли следующие схемы лечения:

##### **Группа 1.**

Доксорубин 10мг (действующее вещество (д.в.) доксорубин) в дозе 30мг/м<sup>2</sup> в/в (внутривенно) при помощи инфузионного насоса или шприцевого дозатора. Препарат вводится в комплексе с гипергидратацией физиологическим раствором из расчета 13,5мл/кг/час, расчетная доза вводится в течение 1-2 часов в зависимости от индивидуальных реакций. Гипергидратация продолжается в течение 2-х часов после окончания введения Доксорубина. Применяется 1 раз в 21 день при отсутствии противопоказаний.

Эндоксан 50 (д. в. циклофосамид) в дозе 250мг/м<sup>2</sup> орально 1 раз в 14-21 день при отсутствии противопоказаний.

Преднизолон 5мг в дозе 2мг/кг 1 раз в день орально в течение первых 2 недель, далее по 1мг/кг до окончания курса химиотерапии, затем постепенное снижение и отмена (ввиду наличия «синдрома отмены»).

Винбластин 2мг в дозе 2мг/м<sup>2</sup> в/в в течение 30 минут при помощи шприцевого дозатора 1 раз в 2 недели. Для введения препарат разводится в достаточном объеме физиологического раствора.

##### **Группа 2**

Эндоксан 50 (д. в. циклофосамид)

дозе 250мг/м<sup>2</sup> орально 1 раз в 14-21 день.

Преднизолон 5мг в дозе 2мг/кг 1 раз в день орально в течение первых 2 недель, далее по 1мг/кг до окончания курса химиотерапии, затем постепенное снижение и отмена (ввиду наличия «синдрома отмены»).

Винбластин 2мг в дозе 2мг/м<sup>2</sup> в/в в течении 30 минут 1 раз в 2 недели. Для введения препарат разводится в достаточном объеме физиологического раствора.

Кратность введения носит рекомендательный характер и должна быть скорректирована с учетом физиологического состояния организма пациента. Перед каждым введением Эндоксана и Винбластина проводился общий анализ крови (ОАК), затем повторный ОАК на 3-5 день. Биохимический анализ крови и ультразвуковое исследование (УЗИ) брюшной полости проводились по мере необходимости, но не реже 1 раза в месяц до достижения ремиссии и далее не реже 1 раза в 3 месяца или чаще по мере необходимости. Все дозы должны быть скорректированы в зависимости от ответа на терапию, наличия или отсутствия побочных действий. В качестве премедикации за 30 минут до применения Доксорубина, Эндоксана и Винбластина вводили маропитант 1мг/кг внутривенно.

Противопоказания для проведения химиотерапии: тромбоцитопения - менее  $75 \times 10^9/\text{л}$ , гранулоциты менее  $3,5 \times 10^9/\text{л}$ ; выраженная печеночная, почечная или иная недостаточность; неудовлетворительное общее состояние пациента, недостаточное восстановление после прошедшего курса. В этих случаях необходимо провести соответствующие лечебные мероприятия и возобновить курс.

Полученный цифровой материал обработан биометрически по Т.Ф. Лакину (1980) на персональном компьютере при использовании программы Microsoft Excel 2009. Разницу между двумя величинами считали достоверной на уровне вероятности  $P < 0,05$ ; 0,01 и 0,001.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Анализируя эффективность терапии кошек при алиментарной лимфоме кон-

статировали, что тяжелая желудочно-кишечная токсичность не выявлена ни у одного пациента опытных групп в течение всего лечения. Умеренная желудочно-кишечная токсичность отмечена в обеих группах: с одинаковой частотой возникала диарея у кошек обеих групп, рвота наблюдалась у 3-х пациентов в I опытной группе, а во II группе - у одного. Нейротоксичность зарегистрирована у двух пациентов, получавших доксорубин в I опытной группе - по окончании курса лечения у них диагностирована хроническая почечная недостаточность 2 стадии, однако у одного из них была почечная недостаточность 1 стадии на момент начала терапии. Из этого можно сделать вывод, что значительных осложнений со стороны функции почек не наблюдалось. Наиболее значимым осложнением являлась нейтропения. Пациенты со слабой и умеренной нейтропенией не испытывали никаких клинических симптомов и изменения выявлялись в ходе плановых исследований крови. Тяжелая нейтропения не всегда поддавалась терапии и часть пациентов погибла. Тяжелая нейтропения была одинаково часта для обеих групп.

Таким образом, частота осложнений умеренной тяжести была выше для кошек первой опытной группы, однако тяжелые жизнеугрожающие осложнения возникали с одинаковой частотой в обеих группах.

Ответ на терапию был в 80% случаев в обеих группах, что выше, чем в исследовании Полиматиди, В.О и соавторов [7] – 58,3% и Н. Angharad, K. Waite - 47,4% [12].

Средняя медиана выживания (табл. 1) кошек I опытной группы составила  $452,10 \pm 201,26$  дней (15±6,7 месяцев), II группы -  $282,00 \pm 110,90$  дней (9,4±3,7 месяцев). Выживаемость более 1 года 60% в первой группе и 30% во второй группе. Выживаемость более 2-х лет 30% в первой группе и 0% во второй группе. Общая продолжительность жизни на 60% больше в первой опытной группе в сравнении со второй опытной группой. Медиана выживания оказалась выше - 9,4±3,7 - 15±6,7 месяцев

против 3-10 месяцев, приведенными М. Amsellem с соавторами [1].

Таблица 1

**Продолжительность жизни после химиотерапии при алиментарной лимфоме у опытных кошек**

| №<br>п/п                                         | I опытная группа |                   | II опытная группа                   |                  |
|--------------------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|
|                                                  | Кличка           | ОПЖ <sup>1</sup>  | Кличка                              | ОПЖ <sup>1</sup> |
| 1                                                | Соня             | 1146 <sup>2</sup> | Тоша                                | 579              |
| 2                                                | Златан           | 22                | Сема                                | 267              |
| 3                                                | Уга              | 389 <sup>2</sup>  | Мотя                                | 135              |
| 4                                                | Мурка            | 211               | Лиза                                | 367 <sup>2</sup> |
| 5                                                | Оскар            | 987 <sup>2</sup>  | Тимоша                              | 49 <sup>2</sup>  |
| 6                                                | Тима             | 36                | Борис                               | 236              |
| 7                                                | Гарик            | 67                | Норка                               | 99               |
| 8                                                | Беся             | 798               | Дуся                                | 319 <sup>2</sup> |
| 9                                                | Еся              | 404               | Бакс                                | 58               |
| 10                                               | Котик            | 461 <sup>2</sup>  | Матильда                            | 711              |
| Медиана выживания                                |                  |                   |                                     |                  |
| 452,10 ±201,26дней (15±6,7 месяцев)              |                  |                   | 282,00±110,90дней (9,4±3,7 месяцев) |                  |
| <sup>1</sup> Общая продолжительность жизни, дни. |                  |                   |                                     |                  |
| <sup>2</sup> Живы на момент подготовки материала |                  |                   |                                     |                  |

После терапии (табл. 2) температура тела составила  $38,7 \pm 0,16$  °C в I опытной группе и  $38,7 \pm 0,10$  °C во II опытной группе против  $38,6 \pm 0,16$  °C и  $38,7 \pm 0,17$  °C до лечения соответственно. Частота пульса в I и II группах до лечения составляла  $195,8 \pm 19,41$  и  $196,4 \pm 21,43$  уд./мин., после лечения в I опытной группе  $187,9 \pm 12,02$  уд./мин. и  $181,43 \pm 26,58$  во второй опытной группе. Частота дыхательных движений в первой и второй опытных группах составила  $35,33 \pm 6,35$  и  $31,00 \pm 2,94$  дых. движ./мин. соответственно после терапии, против  $34,5 \pm 5,16$  и  $32,6 \pm 3,12$  дых. движ./мин. до лечения.

Уровень эритроцитов (табл. 3) составил  $7,63 \pm 0,70 \times 10^{12}/л$  в I опытной группе и  $8,30 \pm 0,78 \times 10^{12}/л$  ( $P < 0,05$ ) во II опытной группе против  $6,31 \pm 0,26 \times 10^{12}/л$  и  $6,23 \pm 0,28 \times 10^{12}/л$  до лечения соответствен-

но. Гематокрит  $41,28 \pm 8,79\%$  и  $39,00 \pm 3,38\%$  ( $P < 0,05$ ) в 1 и 2 опытных группах соответственно против  $30,84 \pm 1,12$  и  $30,91 \pm 1,19$  % до лечения соответственно. Гемоглобин  $138,83 \pm 14,29$  г/л в I опытной группе и  $146,71 \pm 13,52$  г/л во II опытной группе ( $P < 0,01$ ) против  $114,62 \pm 3,21$  и  $111,70 \pm 4,63$  г/л до лечения. Количество эритроцитов, гематокрита и гемоглобина были достоверно выше во 2-ой группе после лечения по сравнению со средними показателями до лечения.

Анализ абсолютного и относительного количества лимфоцитов и гранулоцитов до и после лечения не выявил достоверных изменений. Процент моноцитов после лечения составил  $4,10 \pm 1,21$  ( $P < 0,01$ ) в первой группе и  $3,60 \pm 0,92$  ( $P < 0,001$ ) во второй группе, а до лечения  $7,24 \pm 0,41$  и  $7,21 \pm 0,39\%$  соответственно. Абсолютное



Таблица 2

**Клинические показатели до и после лечения при  
алиментарной лимфоме у опытных кошек**

| Показатель               | Референсные значения | До лечения опытная группа |             | После лечения         |                        |
|--------------------------|----------------------|---------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|
|                          |                      | I, n=10                   | II, n=10    | I опытная группа, n=7 | II опытная группа, n=6 |
| Температура, °C          | 38-39,5              | 38,6±0,16                 | 38,7±0,17   | 38,7±0,16             | 38,7±0,10              |
| Пульс, уд./мин.          | 120-200              | 196,4±21,43               | 196,4±21,43 | 187,9±12,02           | 181,43±26,58           |
| Дыхание, дых. движ./мин. | 20-40                | 34,5±5,16                 | 32,6±3,12   | 35,33±6,35            | 31,00±2,94             |

Таблица 3

**Результаты общего анализа крови при алиментарной лимфоме  
у опытных кошек до и после лечения**

| Показатель  | Референсные значения | Единицы измерения  | До лечения, опытная группа |              | После лечения, опытная группа |                |
|-------------|----------------------|--------------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|----------------|
|             |                      |                    | I, n=10                    | II, n=10     | I, n=7                        | II, n=6        |
| Эритроциты  | 4,60-10,00           | $\times 10^{12}/л$ | 6,23 ±0,28                 | 6,23 ±0,28   | 7,63±0,70                     | 8,30±0,78*     |
| Гематокрит  | 28,0-49,0            | %                  | 30,91±1,19                 | 30,91±1,19   | 41,28±8,79                    | 39,00±3,38*    |
| Гемоглобин  | 93-153               | г/л                | 111,70 ±4,63               | 111,70 ±4,63 | 138,83±14,29                  | 146,71±13,52** |
| Лейкоциты   | 5,5-19,5             | $\times 10^9/л$    | 14,48 ±1,02                | 14,48 ±1,02  | 8,94±1,79**                   | 7,94±1,90**    |
| Тромбоциты  | 100-514              | $\times 10^9/л$    | 467,80±24,06               | 467,80±24,06 | 470,00±62,58                  | 402,14±87,13   |
| Лимфоциты   | 12,0-45,0            | %                  | 43,68 ±2,26                | 43,37 ±2,16  | 47,84±10,31                   | 36,90±8,73     |
|             | 0,8-7,0              | $\times 10^9/л$    | 6,10 ±0,92                 | 6,16 ±0,74   | 4,00±0,92                     | 2,61±0,48      |
| Моноциты    | 2,0-9,0              | %                  | 7,21 ±0,39                 | 7,21 ±0,39   | 4,10±1,21**                   | 3,60±0,92***   |
|             | 0,0-1,9              | $\times 10^9/л$    | 1,09±0,12                  | 1,09±0,12    | 0,30±0,08***                  | 0,24±0,08***   |
| Гранулоциты | 35,0-85,0            | %                  | 48,93±2,30                 | 48,84±2,32   | 47,70±9,80                    | 59,50±8,56     |
|             | 2,1-15,0             | $\times 10^9/л$    | 7,29 ±0,61                 | 7,21±0,62    | 4,50±1,60                     | 5,09±2,01      |
| MCV         | 39,0-52,0            | фл                 | 46,79 ±0,58                | 46,61±0,52   | 53,36±10,09                   | 44,21±3,50     |
| МСН         | 13,0-21,0            | пг                 | 18,86 ±1,34                | 18,76±1,14   | 18,08±0,48                    | 16,70±1,88     |
| МСНС        | 300-380              | г/л                | 356,90 ±7,33               | 354,76 ±8,13 | 347,17±10,37                  | 351,00±31,53   |

Примечание: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$ .

количество моноцитов после терапии  $0,30 \pm 0,08 \times 10^9/л$  ( $P < 0,001$ ) в первой опытной группе и  $0,24 \pm 0,08 \times 10^9/л$  ( $P < 0,001$ ) во второй опытной группе против соответственно  $1,11 \pm 0,17$  и  $1,09 \pm 0,12 \times 10^9/л$  до лечения.

В результате анализа биохимических показателей крови кошек, больных алиментарной лимфомой до и после лечения (табл. 4) выявлены достоверные изменения общего белка в 1-ой опытной группе:  $66,10 \pm 2,79$  г/л ( $P < 0,05$ ) после лечения

против  $75,19 \pm 1,82$  г/л до лечения, во 2-ой группе  $70,83 \pm 3,23$  г/л против  $75,21 \pm 1,78$  г/л; снижение уровня глобулина во второй опытной группе после лечения -  $34,67 \pm 2,32$  г/л ( $P < 0,05$ ) по сравнению с  $42,34 \pm 1,89$  г/л до лечения, в первой опытной группе изменения не достоверны и уровень глобулина после лечения составляет  $33,74 \pm 3,93$  г/л; общий билирубин снизился в первой опытной группе после лечения и составил  $4,44 \pm 1,45$  мкмоль/л ( $P < 0,05$ ) против  $9,15 \pm 0,74$  мкмоль/л до лечения, во второй опытной группе изменения не достоверны и показатель составил  $5,97 \pm 1,35$  мкмоль/л. Уровень мочевины снизился во II опытной группе до  $7,93 \pm 0,76$  ммоль/л ( $P < 0,05$ ), до лечения

$10,82 \pm 0,94$  ммоль/л; в I опытной группе составил  $11,21 \pm 2,94$  ммоль/л после терапии. Активность АЛТ после терапии составила  $84,11 \pm 31,85$  ед/л в I группе и  $69,50 \pm 12,89$  ед/л во II группе, до лечения соответственно  $93,34 \pm 31,27$  и  $93,36 \pm 31,26$  ед/л. Активность АСТ после лечения снизилась до  $32,65 \pm 5,96$  ед/л в I-ой группе и  $38,83 \pm 10,72$  ед/л во 2-ой группе, до лечения составляла соответственно  $65,70 \pm 20,20$  ед/л и  $65,73 \pm 20,21$  ед/л. Уровень глюкозы и щелочной фосфатазы находился в пределах референсных значений до и после лечения  $5,08 \pm 0,41$  -  $6,06 \pm 0,37$  ммоль/л и  $45,71 \pm 7,83$  -  $53,21 \pm 7,64$  ед/л соответственно.

Таблица 4

**Результаты биохимического анализа крови при алиментарной лимфоме у опытных кошек до и после лечения**

| Показатель         | Референсные значения | Единицы измерения | До лечения, опытная группа |                    | После лечения, опытная группа |                    |
|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
|                    |                      |                   | I<br>n=10                  | II<br>n=10         | I,<br>n=7                     | II,<br>n=6         |
| Общий белок        | 57-78                | г/л               | $75,19 \pm 1,82$           | $75,21 \pm 1,78$   | $66,10 \pm 2,79^*$            | $70,83 \pm 3,23$   |
| Альбумин           | 29-39                | г/л               | $33,25 \pm 1,19$           | $33,19 \pm 1,08$   | $32,36 \pm 2,04$              | $32,58 \pm 2,24$   |
| Глобулин           | 23-38                | г/л               | $42,34 \pm 1,89$           | $42,41 \pm 1,77$   | $33,74 \pm 3,93$              | $34,67 \pm 2,32^*$ |
| A/G                | 0,6-1,3              | -                 | $0,82 \pm 0,06$            | $0,81 \pm 0,06$    | $1,02 \pm 0,15$               | $0,97 \pm 0,10$    |
| Об. билирубин      | 2-10                 | Мкмоль/л          | $9,15 \pm 0,74$            | $9,14 \pm 0,73$    | $4,44 \pm 1,45^*$             | $5,97 \pm 1,35$    |
| Мочевина           | 5,4-15               | Моль/л            | $10,83 \pm 0,93$           | $10,82 \pm 0,94$   | $11,21 \pm 2,94$              | $7,93 \pm 0,76^*$  |
| Креатинин          | 50-160               | Мкмоль/л          | $123,66 \pm 10,28$         | $122,64 \pm 10,26$ | $133,94 \pm 23,52$            | $114,67 \pm 13,57$ |
| АЛТ                | 12-130               | ед/л              | $93,34 \pm 31,27$          | $93,36 \pm 31,26$  | $84,11 \pm 31,85$             | $69,50 \pm 12,89$  |
| АСТ                | 0-48                 | ед/л              | $65,70 \pm 20,20$          | $65,73 \pm 20,21$  | $32,65 \pm 5,96$              | $38,83 \pm 10,72$  |
| Глюкоза            | 3,3-6,8              | Моль/л            | $6,04 \pm 0,36$            | $6,06 \pm 0,37$    | $5,08 \pm 0,41$               | $5,12 \pm 0,38$    |
| Щелочная фосфатаза | 0-90                 | ед/л              | $53,19 \pm 7,63$           | $53,21 \pm 7,64$   | $45,71 \pm 7,83$              | $49,17 \pm 11,32$  |

Примечание: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$ .

Несмотря на то, что алиментарная форма лимфомы у кошек трудно поддается лечению химиотерапией [7], последняя, в различных комбинациях, все же остается основным методом выбора лечения при данной патологии с учетом состояния животного. Анализ полученных результатов показал, что применение доксорубицина в комплексе с эндоксаном, преднизолоном, винбластином при химиотерапии I/HGAL алиментарной лимфомы дает высокий терапевтический эффект. В исследованиях К.Т. Oberthaler (2009) [13] показано, что монотерапия доксорубицином дает низкую частоту ответа (22 %), а Moore с соавт. получили ремиссию в течение 281 дня. Применение доксорубицина в комплексных схемах имеет лучший клинический эффект и повышает время выживания. Moore et al. and Moore and Ogilvie показали, что доксорубицин в комплексе с циклофосфамидом, винкристином и преднизолоном полную регрессию давал в 47-54 %, а общая продолжительность жизни составила 281 день. [7, 14] Таким образом, менее агрессивный протокол терапии не способствует улучшению состояния исследуемых животных, что подтверждается лабораторными исследованиями крови, и не способствует повышению выживаемости.

#### ВЫВОДЫ

Терапевтическая эффективность применяемых схем консервативного лечения составила 80% для обеих групп. Медиана выживания в 1 опытной группе (применение доксорубицина, эндоксана, преднизолона, винбластина) оказалась выше на 60% и составила  $452,10 \pm 201,26$  дней ( $15 \pm 6,7$  месяцев) против  $282,00 \pm 110,90$  дней ( $9,4 \pm 3,7$  месяцев) во второй опытной группе (применение эндоксана, преднизолона, винбластина). Отдаленные результаты оказались лучше для пациентов в первой группе: выживаемость более 1 года 60% в первой группе и 30% во второй группе, более 2-х лет 30% в первой группе и 0% во второй группе. Частота осложнений умеренной степени была выше для 1 опытной группы, а тяжелые осложнения наблюдались с одинако-

вой частотой в обеих группах. Из этого следует, что токсичность протокола CHOP, несомненно, выше, чем COP.

#### COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF CONSERVATIVE TREATMENT REGIMENS FOR ALIMENTARY LYMPHOMA IN CATS

**Lenkova N.V.** CANDIDATE of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Therapy and Propaedeutics, Don State Agrarian University; **A.V. Wolf**, veterinarian, dermatologist, oncologist, veterinary clinic "Amigo".

#### ABSTRACT

Lymphoma is the most common malignant neoplasm in cats. Without treatment, mortality is about 40-75% within 4-8 weeks after diagnosis. In this regard, this pathology requires chemotherapy in almost all cases. The aim of the work is to compare the effectiveness of conservative treatment regimens for alimentary lymphoma in cats. The objects of the study were cats of different breeds with an established diagnosis of alimentary lymphoma aged from 2 to 16 years, with an average live weight at the time of admission of 3.9 kg. To conduct a comparative analysis of the conservative treatment of alimentary lymphoma, experimental groups were compiled: I (n=10) – patients with I/HGAL receiving treatment according to the CHOP protocol, II (n=10) - patients with I/HGAL receiving treatment according to the COP protocol. The therapeutic efficacy of the applied conservative treatment regimens was 80% for both groups. The median survival in the 1st experimental group was 60% higher and amounted to  $452.10 \pm 201.26$  days versus  $282.00 \pm 110.90$  days in the second experimental group. Long-term results were better for patients in the first group: survival rate of more than 1 year is 60% in the first group and 30% in the second group, more than 2 years is 30% in the first group and 0% in the second group. The frequency of moderate complications was higher for 1 experimental group, and severe complications were observed with the same frequency in both groups. It follows from this that the toxicity of the CHOP protocol is undoubtedly higher than COP.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Withrow and macewen's small animal clinical oncology, 6th edition / Pierre M. Amsellem, David J. Argyle, Anne C. Avery [and other] – Текст: непосредственный // St. Louis, Missouri, Elsevier, Inc., – 2020. – P. 2-3, 715-723 – ISBN: 978-0-323-59496-7. <https://www.elsevier.com/books/T/A/9780323594967>
2. Шарафисламова, М. Б. Лечение лимфом у кошек и собак / М. Б. Шарафисламова, Е. В. Шабалина, В. Б. Милаев // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3(63). – С. 24-31. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44445571\\_37921426.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44445571_37921426.pdf)
3. Donna M. Bozzone. Chapter 2. The History of Cancer and Leukemia / The Biology of Cancer: Leukemia. — New York: Chelsea House Publishers, 2009. — P. 13—35. — ISBN 0-7910-8822-7.
4. Gouldin ED, Feline discrete high-grade gastrointestinal lymphoma treated with surgical resection and adjuvant CHOP-based chemotherapy: retrospective study of 20 cases / Gouldin ED, Mullin C, Morges M, et al. // Vet Comp Oncol, 2017. – p. 328–335. PMID: 26333999
5. Rau SE, Burgess KE: A retrospective evaluation of lomustine (CeeNU) in 32 treatment naive cats with intermediate to large cell gastrointestinal lymphoma (2006-2013), Vet Comp Oncol, 2017 - p. 1019–1028. PMID: 27277825 DOI: 10.1111/vco.12243
6. Tzannes S, Owners perception of their cats' quality of life during COP chemotherapy for lymphoma, J Feline Med Surg, 2008. – p. 73–81. PMID: 17827048 DOI: 10.1016/j.jfms.2007.05.008
7. Полиматиди, В.О. Возможности лекарственной терапии лимфомы кошек по схеме СОР (винкристин, иклофосфан, преднизолон) / О.В. Полиматиди, М.Н. Якунина, А.Л. Кузнецова, Шимширт А.А. // РВЖ. Мелкие домашние и дикие животные. - 2014. - № 3. - С. 12-14. – URL: <https://bioirso.ru/vozmozhnosti-lekarstvennoy-terapii-limfomyi-koshek-po-sheme-sor-vinkristin-tsiklofosfan-prednizolon/>
8. Elliott J, Finotello R: A dexamethasone, melphalan, actinomycin-D and cytarabine chemotherapy protocol as a rescue treatment for feline lymphoma - Vet Comp Oncol, 2018. – p. 144–151. PMID: 29044884 DOI: 10.1111/vco.12360
9. Novel Treatments for Lymphoma / Douglas H. Thamm, VMD - Vet Clin Small Animal Practice 49 (2019) p. 903–915 – Текст: электронный // Elsevier Inc., 2019. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195561619300816?via%3Dihub>
10. Ленкова, Н. В. Характеристика функциональных и лабораторных показателей при алиментарной лимфоме у кошек / Н. В. Ленкова, А. В. Вольф // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 4. – С. 241-246. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.4.241. – EDN GKLOTD.
11. Ленкова, Н. В. Ультрасонографические и патоморфологические изменения при алиментарной лимфоме у кошек / Н. В. Ленкова, Т. Н. Бабкина, А. В. Вольф // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4(65). – С. 132-139. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-65-4-132-139. – EDN KYFKLZ.
12. Angharad. H., Lymphoma in cats treated with a weekly cyclophosphamide-, vincristine-, and prednisone- based protocol: 114 cases (1998–2008) /H. Angharad, K. Waite, et al. // JAVMA. — 2013 April 15. — V. 242. — N. 8. — P. 1104–1109 – Текст: электронный. – URL: <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/242/8/javma.242.8.1104.xml>
13. Oberthaler Karen T. Rescue therapy with doxorubicin-based chemotherapy for relapsing or refractory feline lymphoma: a retrospective study of 23 cases / K.T. Oberthaler, E. Mauldin, K. U. Sorenmo // Journal of Feline Medicine & Surgery. -April 2009. – V.11, I. 4. - Pages 259-265
14. Moore, A.S. A comparison of doxorubicin and COP for maintenance of remission in cats with lymphoma /A.S. Moore, S.M. Cotter, A.E. Frimberger, et al. // J Vet Intern Med. — 1996. — N. 10. — P. 372–375. PMID: 8947869

## REFERENCES

1. Vail DM., Thamm DH, Liptak J. Withrow and macewen's small animal clinical oncology, 6th edition. St. Louis, Missouri, Elsevier, Inc.; 2020. 865 p.
2. SHarafislamova MB, SHabalina EV., Milaev VB. Treatment of lymphomas in cats and dogs. Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2020;3(63):24-31. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44445571\\_37921426.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44445571_37921426.pdf) (In Russ.)
3. Bozzzone DM. The Biology of Cancer: Leukemia. New York: Chelsea House Publishers; 2009. 168 p. ISBN 0-7910-8822-7.
4. Gouldin ED, Mullin C, Morges M. Feline discrete high-grade gastrointestinal lymphoma treated with surgical resection and adjuvant CHOP-based chemotherapy: retrospective study of 20 cases. Vet Comp Oncol. 2017.15(2):328-335. DOI: 10.1111 / vco.12166 PMID: 26333999
5. Rau SE, Burgess KE. A retrospective evaluation of lomustine (CeeNU) in 32 treatment naive cats with intermediate to large cell gastrointestinal lymphoma (2006-2013). Vet Comp Oncol. 2017.15(3):1019-1028. doi: 10.1111/vco.12243
6. Tzannes S. Owners perception of their cats' quality of life during COP chemotherapy for lymphoma. J Feline Med Surg. 2008. 10 (1):73-81. doi: 10.1016 / j.jfms.2007.05.008
7. Polimatidi OV, YAkunina MN, Kuznecova AL, SHimshirt AA. Possibilities of drug therapy of feline lymphoma according to the COP scheme (vincristine, cyclophosphane, prednisolone). Rossijskij veterinarnyj zhurnal. Melkie domashnie i dikiye zhivotnye. 2014;(3):12-14. URL: <https://bioirso.ru/vozmozhnosti-lekarstvennoy-terapii-limfomyi-koshek-po-scheme-sor-vinkristin-tsiklofosfan-prednizolon/> (In Russ.)
8. Elliott J, Finotello R. A dexamethasone, melphalan, actinomycin-D and cytarabine chemotherapy protocol as a rescue treatment for feline lymphoma. Vet Comp Oncol. 2018;16(1):144-151. doi: 10.1111 / vco.12360
9. Thamm DH. Novel Treatments for Lymphoma. Vet Clin Small Animal Practice. 2019;49(5):903-915. doi: 10.1016/ j.cvsm.2019.04.004
10. Lenkova NV., Vol'f AV. Characteristics of functional and laboratory parameters in alimentary lymphoma in cats. Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii= International bulletin of Veterinary Medicine. 2022;(4):241-246. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.4.241. – EDN GKLOTD. (In Russ.)
11. Lenkova NV., Babkina TN, Vol'f AV. Ultrasonographic and pathomorphological changes in alimentary lymphoma in cats. Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)=Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022;4(65):132-139. DOI 10.31677/2072-6724-2022-65-4-132-139. – EDN KYFKLZ. (In Russ.)
12. Waite AHK, Jackson K, Gregor TP, Krick EL. Lymphoma in cats treated with a weekly cyclophosphamide-, vincristine-, and prednisone- based protocol: 114 cases (1998–2008). J Am Vet Med Assoc. 2013;242(8):1104-9. doi: 10.2460/javma.242.8.1104 – URL: <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/242/8/javma.242.8.1104.xml>
13. Oberthaler KT., Mauldin K, Sorenmo U. Rescue therapy with doxorubicin-based chemotherapy for relapsing or refractory feline lymphoma: a retrospective study of 23 cases. Journal of Feline Medicine & Surgery. 2009;11(I). 4:259-265 PMID: 18974017
14. Moore AS, Cotter SM, Frimberger AE. A comparison of doxorubicin and COP for maintenance of remission in cats with lymphoma. J Vet Intern Med. 1996;10:372–375. PMID: 8947869







ПАРТНЁР™

ВЕТЕРИНАРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
8-800-200-07-12



## ТЕХНОЛОГИИ НАШЕГО ВРЕМЕНИ

### ДЛЯ ВЕТЕРИНАРИИ И ЖИВОТНОВОДСТВА

- Ветеринарные УЗИ сканеры
- Рентгеновское оборудование для ветеринарии
- Товары для мечения животных (микрочипы, ридеры, бирки и др.)
- Термометры, инфракрасные пирометры
- Счетчики молока

### ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ

- Анализаторы молока
- Тесты на антибиотики в молоке
- Ветеринарные биохимические экспресс-анализаторы
- Ветеринарные гемоанализаторы
- Ветеринарные анализаторы мочи
- Трихинеллоскопы

#### САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

п.Тярлево, Всероссийский Институт генетики и разведения с/х животных, Московское шоссе, 55А, 1 этаж  
Тел. (812) 928-07-23

#### НОВОСИБИРСК

п.Краснообск, Сибирский Федеральный Научный Центр Агробиотехнологий, ИЭВСиДВ, 2, 3 этаж  
Тел. (383) 375-07-23

info@partnerlab.ru • www.partnerltd.ru • www.partnerlab.ru



Редакция журнала  
«Международный вестник ветеринарии»  
196084, Санкт-Петербург, Черниговская 5,  
СПбГУВМ.  
Телефон/факс (812) 387-11-58  
Mail to: farm\_vestnik@mail.ru