DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ

№1

International bulletin of Veterinary Medicine





№1/2025

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ- 2025

www.spbguvm.ru

Международный ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ 1.2025

Редакционный совет
К.В. Племяшов - гл. ред., чл.-корр. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
Л.Ю. Карпенко - зам. гл. ред., д-р биол. наук, проф., СПб.
А.И. Ятусевич - зам. гл. ред., д-р ветеринар. наук, проф., академик РАН, Витебск.
Редакционная коллегия
Н.Л. Андреева - д-р биол. наук, проф., СПб.
Л.М. Белова - д-р биол. наук, проф., СПб.
М.И. Гулюкин - акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Москва.
Н.В. Зеленевский - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
С.П. Ковалев - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
А.А. Кудряшов - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
В.А. Кузьмин - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
М.Н. Макарова - д-р мед. наук, проф., СПб.
Б.С. Семенов - д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
А.М. Смирнов - акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Москва.
В.В. Сочнев - член.-корр. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Н. Новгород.
А.А. Стекольников - акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., СПб.
А.А. Сухинин - д-р биол. наук, проф., СПб.
А.Н. Шиков - д-р фарм. наук, проф., СПб.
Mustafa Atasever- Prof., Dr. Erzurum, Turkiye.
Ю.К. Ковалёнок - д-р ветеринар. наук, проф., Витебск, Республика Беларусь.
Kushvar Galib Mammadova - Dr., Azerbaijan.
Н.Б. Сарсембаева - д-р ветеринар. наук, проф., Алматы, Республика Казахстан.
Ilia Tsachev - DVM, MSc, PhD, DSc Prof., Stara Zagora, Bulgaria.
О.Ю. Беспятых - д-р биол. наук, доц., Киров.
В.А. Илюха - д-р биол. наук, доц., Петрозаводск.
И.А. Плотников - д-р биол. наук, проф., Киров.
С.В. Бекетов - д-р биол. наук, вед. науч. сотр., Самара.
В.Н. Воронин - д-р биол. наук, проф., СПб.
А.Н. Квочко - д-р биол. наук, проф., Ставрополь.
А.О. Фролов - д-р биол. наук, гл. науч. сотр., СПб.
О.И. Станишевская - д-р биол. наук, проф., СПб.
А.Е. Болгов - д-р с.-х. наук, проф., Петрозаводск.
И.Ш. Шапиев - д-р с.-х. наук, проф., СПб.
Н.В. Пристач - д-р с.-х. наук, проф., СПб.
В.Б. Галецкий - д-р с.-х. наук, СПб.
Л.В. Романенко - д-р с.-х. наук, член РАЕ, СПб
В.И. Максимов - д-р биол. наук, проф., Москва
Редакционно-технический отдел
С. И. Мельников - канд. ветеринар. наук, СПб.
О.С. Попова - канд. ветеринар. наук, СПб.
В.В. Крюкова - канд. ветеринар. наук, СПб (англ. яз)

Сдано в набор 15.03.2025
Подписано к печати 26.03.2025
Формат 70×100 1/16.
Бумага глянцевая № 1. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 27,0+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. Yatusevich - 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
Ilia 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, St. Petersburg
A.N. Kvochko - doctor of biology sciences, professor, Stavropol
A.O. Frolov - doctor of biology sciences, senior science member, St. Petersburg
O.I. Stanishevskaya - doctor of biology sciences, professor, St. Petersburg
A.E. Bolgov - doctor of agricultural sciences, professor, Petrozavodsk
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 15.03.2025
Signed for printing 26.03.2025
The format of 100 × 70 1/16 .
Glossy paper number 1. Offset printing.
Conv. Pec. liter. 27,0+0,25 fl. incl.
Conv. Cr. - ott . 18.2 .
Circulation 1001 copies.

На 1 странице обложки: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Номер госрегистрации СМИ ПИ № ФС77-83832 от 02 сентября 2022 г. Подписной индекс в агентстве Роспечать 82393.

Учредитель — Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт -Петербургский государственный 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.

МВВ 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» (МВВ). тел 8-812 -387-11-58

RESEARCH AND PRODUCTION JOURNAL

The state registration number of the media PI No. FS77-83832 dated September 02, 2022. The subscription index in the Rospechat agency is 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 Medi -cine 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 disci-plines.

In this magazine, you can place an advertisement for your company. Ads and commer-cial 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 editori -al board on certain issues may not coincide.

Postgraduates are not charged for the pub -lication 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

Инфекционные болезни

- *Изучение морфологических свойств Bacillus anthracis при долгосрочном хранении. Кашеваров Г.С., Юсупова К.В., Саитов В.Р., Артемьева Е.А., Мустафина Э.Н.* **13**
- *Влияние инфицирующей дозы Escherichia coli на эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят. Мазур А.Д., Скворцов В.Н., Присный А.А., Юрин Д.В., Степанова Т.В.* **19**
- *Дизайн и получение рекомбинантного мультиэпитопного антигена для индикации антител против вируса артрита-энцефалита коз. Хаммадов Н.И., Галеева А.Г., Горбунова М.Е., Сальманова Г.Р., Громова Е.А., Хамидуллина А.И., Ефимова М.А.* **25**
- *Псевдоэозинофильный фагоцитоз крови цыплят под влиянием разных доз Энрофлоксацина в условиях экспериментального сальмонеллеза. Присный А.А., Горбанёва А.С., Кравцова А.Р., Степанова Т.В.* **38**
- *Изучение эффективности Моксифлоксацина при экспериментальном колибактериозе лабораторных животных. Юрин Д.В., Скворцов В.Н., Мазур А.Д., Лаишевцев А.И.* **45**
- *Сравнительный анализ послеубойной диагностики лейкоза крупного рогатого скота с применением реакции иммунодиффузии и иммуноферментного анализа. Мустафаев А.Р.* **51**
- *Анализ микробиоты носоглоточной слизи, ассоциированной с бронхопневмонией крупного рогатого скота в животноводческих комплексах. Киянчук М.В., Сухинин А.А.* **58**
- *Патогенез панлейкопении кошек и прогноз септических осложнений по балльной шкале SAPS. Лаптев С.В., Иванникова Р.Ф., Бочаров Р.В.* **68**
- *Интерлейкины IL-1β и IL-10 как биомаркеры оценки степени тяжести течения воспалительного процесса при инфекционных маститах коров. Павлова В.С., Комаров М.В., Макавчик С.А., Авдеенко В.С.* **77**
- *Изучение бактерицидных свойств сухого солевого аэрозоля в динамике проведения галотерапии в помещениях для содержания лошадей. Романова О.В., Крячко О.В., Новикова О.Б., Щепеткина С.В.* **84**
- *Бешенство лошадей в европейских печатных источниках в XVII веке. Виноходова М.В., Ярощук А.И.* **94**

Инвазионные болезни

- *К вопросу локализации клещей P. Otodectes у песца (Alopex lagopus semenovi, Ognev,1931) О. Медный (Командорские острова). Гаврилова Н.А., Гапонова В.Н., Мамаев Е.Г.* **107**
- *Инвазированность трихинеллезом бурого медведя (Ursus arctos) в Амурской области и морфологические показатели капсул личинок трихинелл. Бондаренко Г.А., Соловьева И.А., Остякова М.Е., Трухина Т.И.* **114**
- *Обнаружение Spirocerca SP. (Nematoda: Spipuridae) у песца (Vulpes lagopus semenovi ognev, 1931) О. Медный (Командорские острова). Гаврилова Н.А., Гапонова В.Н., Левтеров Д.Е., Мамаев Е.Г.* **121**

	• *Гематологические показатели крови у оседлой популяции арктического гольца Salvenius alpinus L. (Salmoniformes) при паразитоценозах. Гаврилин К.В., Коколова Л.М., Никифоров-Никишин А.Л., Сафронеев А.Э., Григорьева Н.Н., Никифоров-Никишин Д.Л., Кочетков Н.И., Гаврильева Л.Ю.*	**129**
Фармакология, токсикология, фармация	• *Влияние препарата «Простимул» на формирование кишечного микробиома и митотическую активность клеток тонкого отдела кишечника поросят с перинатальной гипотрофией. Шутиков В.А., Михайлов Е.В., Шабунин Б.В., Буракова И.Ю., Морозова П.Д., Сыромятников М.Ю.*	**142**
Зоогигиена, санитария, кормление	• *Оценка адаптогенных свойств пантов европейского благородного оленя при хроническом стрессе у коров голштино-фризской породы в условиях молочного комплекса. Голубенко В.И., Муромцев А.Б.*	**154**
	• *Влияние Фульвогумата на аминокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. Нечитайло К.С., Сизова Е.А., Шошин Д.Е.*	**162**
	• *Сравнительные данные о производстве свинины в России и в мире. Зайцев С. Ю.*	**171**
	• *Идентификация мочевины в молоке-сырье методом инфракрасной спектрометрии. Калюжная Т.В., Алмакаева Д.С.*	**180**
	• *Влияние нанокомпозита AG-C на рост и показатели крови карпа. Килякова Ю.В., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Мингазова М.С.*	**186**
	• *Оценка стабильности кормовой добавки «Галлуасорб». Тарасова Е.Ю., Сайфутдинов А.М., Матросова Л.Е., Танасева С.А., Ерохондина М.А., Мухамметшина А.Г.*	**195**
	• *Повышение показателей продуктивности и коррекция метаболизма цыплят-бройлеров с использованием электромагнитного излучения. Галкина Е.А., Мурадян Е.А., Вертипрахов В.Г.*	**203**
Биохимия, морфология, физиология	• *Морфофункциональные характеристики костного регенерата, сформированного в условиях применения секретома мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток. Кузнецова М.А., Борхунова Е.Н., Яковлева О.А., Довгий А.И., Гаврюшенко Н.С.*	**212**
	• *Микроморфологические особенности строения стенки пульпарной камеры зуба у собаки. Фролов В.В., Егунова А.В., Иванцов В.А.*	**222**
	• *Оценка влияния комплексного адсорбента «Галлуасорб» на ультраструктуру печени птицы при микотоксикозе. Кашеваров Г.С., Юсупова К.В., Саитов В.Р., Тарасова Е.Ю., Матросова Л.Е.*	**228**
	• *Сравнительная характеристика костей, формирующих локтевой сустав у собак служебных пород по данным компьютерной томографии. Рыбалкин С.М., Щипакин М.В.*	**236**
	• *Морфометрия черепной полости собак брахицефалических пород. Былинская Д.С., Хватов В.А.*	**244**

	•*Основные биохимические показатели крови свиней породы дюрок в сравнении с их трехпородными гибридами в динамике откорма. Зайцев С. Ю., Колесник Н.С., Савина А.А., Воронина О. А.*	**250**
	• *Определение кардиовертебрального индекса в норме у декоративных кроликов. Суслов Е.С., Мельников С.И.*	**265**
	• *Оценка гематологических показателей радужной форели при введении в рацион пробиотических препаратов. Карпенко Л.Ю., Сидорова Н.А., Бахта А.А., Полистовская П.А., Никонов И.Н., Балыкина А.Б.*	**271**
	• *Случай спонтанной остеосаркомы у самки мартышки зелёной. Оганесян А.О., Симавонян К.В., Колесник Ю.А., Гвоздик Т.Е., Кордонова А.В., Ильязянц Д.А., Шестаков В.А., Радомская Е.Ю., Шляпников С.М., Агумава А.А., Булгин Д.В.*	**278**
	• *Исследование биохимических показателей радужной форели на фоне применения пробиотических препаратов. Карпенко Л.Ю., Сидорова Н.А., Бахта А.А., Савушкин А.И., Полистовская П.А., Никонов И.Н., Балыкина А.Б.*	**287**
	• *Микроморфологические особенности поверхностной грудной мышцы цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 при разных рационах кормления. Степанишин В.В., Позябин С.В., Борхунова Е.Н.*	**294**
	• *Влияние фукусовых водорослей на показатели качества молока и продуктивность коров. Мудрук С.С., Карпенко Л.Ю.*	**311**
Акушерство и гинекология	• *Полиморфизм гена каппа-казеина (CSN3) и его связь с молочной продуктивностью в выборках коров голштинской и красной степной пород. Гаджиев З.К., Евлагина Д.Д., Ковалева Г.П., Суржикова Е.С., Лапина М.Н.*	**317**
	• *Цитокиновый профиль у новорожденных телят, перенёсших антенатальную и интранатальную гипоксию. Жуков М.С., Паршин П.А., Алехин Ю.Н., Шапошников И.Т., Бригадиров Ю.Н.*	**326**
	• *Влияние гомогенного подбора на воспроизводительные качества коров сычевской породы. Герасимова А.С., Сысоинкова Д.В.*	**333**
	• *Полиморфизм гена IGF-1 в поголовье коров голштинской породы и быков-производителей. Сафина Н.Ю., Муханина Е.Н., Шакиров Ш.К., Гайнутдинова Э.Р., Вологин Д.С.*	**343**
	• *Количественная и качественная эхографическая характеристика яичников у собак в период эструса. Цыганский Р.А., Яковлева У.С.*	**354**
Хирургия	• *Фиксация отломков седалищной кости при нестабильных повреждениях таза у собак. Антонов Н.И.*	**364**
	• *Практическое применение термографии в диагностике патологий стрелки копыта у лошадей. Кириллов А.А., Стекольников А.А., Макарова Е.С.*	**373**
	• *Оценка эффективности копытных ванн при болезнях пальцев и копытец у коров. Лукина Г.Р., Хузин Д.А., Тарасова Е.Ю., Юсупов С.А., Потехина Р.М., Быкова П.В.*	**382**
	• *Плоскостная характеристика заживления язвенных поражений в области копытец у крупного рогатого скота. Ненашев И.В., Марьин Е.М.*	**393**

	• *Создание индивидуальных направителей для корригирующей остеотомии большеберцовой кости у собак. Родионов В.Д., Боголюбов И.Д., Карелин М.С.*	**403**
Незаразные болезни	• *Оценка диагностических мероприятий при патологии почек у кошек. Шляпникова Н.И., Скосырских Л.Н., Сидорова К.А., Щипакин М.В.*	**416**
	•*Новый подход к комплексной оценке проблемного поведения собак-компаньонов. Сообщение 1. Фомина А.С., Васильев П.В., Долгов В.В., Крикунова А.А., Ермаков А.М.*	**424**

CONTENTS

Infectious diseases

•*Study of morphological properties of Bacillus anthracis duringlong-term storage. Kashevarov G.S., Yusupova K.V.,Saitov V.R., Artemyeva E.A., Mustafina E.N.* **13**

•*The effect of an infectious dose of Escherichia coli on the effectiveness of levofloxacin in experimental colibacteriosis of chickens. Mazur A.D., Skvortsov V.N.,Prisny A.A., Yurin D.V., Stepanova T.V.* **19**

•*Design and production of recombinant multiepitope antigen to indicate antibodies against the virus arthritis-encephalitis of goats. Hammadov N.I., Galeeva A.G.,Gorbunova M.E., Salmanova G.R., Gromova E.A., Khamidullina A.I., Efimova M.A.* **25**

•*Pseudoeosinophilic phagocytosis of chicken blood under the influence of different doses of Enrofloxacin in experimental salmonellosis. Prisny A.A., Gorbaneva A.S., Kravtsova A.R., Stepanova T.V.* **38**

•*Study of the effectiveness of Moxifloxacin in experimental colibacteriosis of laboratory animals. Yurin D.V., Skvortsov V.N., Mazur A.D., Laishevtsev A.I.* **45**

•*Comparative analysis of post-slaughter diagnosis of bovine leukemia using an immunodiffusion reaction and enzyme immunoassay. Mustafaev A.R.* **51**

• *Analysis of the microbiota of nasopharyngeal mucus associated with bronchopneumonia in cattle in livestock complexes. Kiyanchuk M.V., Sukhinin A.A.* **58**

•*Pathogenesis of feline panleukopenia and prognosis of septic complications on the SAPS scale. Laptev S.V., Ivannikova R.F., Bocharov R.V.* **68**

•*Interleukins IL-1b and IL-10 as biomarkers for assessing the severity of the inflammatory process in infectious cow mastitis. Pavlova V.S., Komarov M.V., Makavchik S.A., Avdeenko V.S.* **77**

•*The study of the bactericidal properties of dry salt aerosol in the dynamics of halotherapy in rooms for keeping horses. Romanova O.V., Kryachko O.V., Novikova O.B., Shchepetkina S.V.* **84**

•*Horse rabies in European printed sources in the 17th century. Vinokhodova M.V., Yaroshchuk A.I.* **94**

Invasive diseases

•*On the issue of localization of P. Otodectes ticks in Arctic foxes ((Alopex lagopus semenovi, Ognev, 1931) Medny Island (Commander Islands). Gavrilova N.A., Gaponova V.N., Mamaev E.G.* **107**

•*Invasion of brown bear (Ursus arctos) trichinosis in the Amur region and morphological parameters of capsules of trichinella larvae. Bondarenko G.A., Solovyova I.A., Ostyakova M.E., Trukhina T.I.* **114**

•*Discovery of Spirocerca SP. (Nematoda: Spipuridae) in Arctic fox (Vulpes lagopus semenoviev, 1931) on Medny Island (Commander Islands). Gavrilova N.A., Gaponova V.N., Levterov D.E., Mamaev E.G.* **121**

•*Hematological parameters of blood in a sedentary population of Arctic char Salvelinus alpinus L. (Salmoniformes) with parasitocenoses. Gavrilin K.V., Kokolova L.M., Nikiforov-Nikishin A.L., Safronov A.E., Grigorieva N.N., Nikiforov-Nikishin D.L., Kochetkov N.I., Gavrilyeva* **129**

Pharmacology, toxicology, pharmacy	•*The effect of the drug "Prostimul" on the formation of intestinal microbiome and mitotic activity of cells of the small division intestines of piglets with prenatal hypotrophy. Shutikov V.A., Mikhailov E.V., Shabunin B.V., Burakova I.Yu., Morozova P.D., Syromyatnikov M.Yu.*	**142**
Zoohygiene, sanitation, feeding	•*Assessment of the adaptogenic properties of European Red deer antlers under chronic stress in Holstein-Frisian cows in a dairy complex. Golubenko V.I., Muromtsev A.B.*	**154**
	•*The effect of Fulvohumate on the amino acid composition of muscletissue in broiler chickens. Nechitailo K.S., Sizova E.A., Shoshin D.E.*	**162**
	•*Comparative data on pork production in Russia and in the world. Zaitsev S. Yu.*	**171**
	• *Identification of urea in raw milk by infrared spectrometry. Kalyuzhnaya T.V., Almakaeva D.S.*	**180**
	• *The effect of AG-C nanocomposite on the growth and blood parameters of carp. Kilyakova Yu.V., Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Mingazova M.S.*	**186**
	•*Stability assessment of the feed additive "Galluasorb". Tarasova E.Yu., Sayfutdinov A.M., Matrosova L.E., Tanaeva S.A., Erokhondina M.A., Mukhametshina A.G.*	**195**
	•*Productivity improvement and correction metabolism of broiler chickens using electromagnetic radiation. Galkina E.A., Muradian E.A., Vertiprakhov V.G.*	**203**
Biochemistry, morphology, physiology	•*Morphofunctional characteristics of bone regenerate formed under conditions of application by secretory multipotent mesenchymal stromal cells. Kuznetsova M.A., Borkhunova E.N., Yakovleva O.A., Dovgiy A.I., Gavryushenko N.S.*	**212**
	•*Micromorphological features of the structure of the tooth pulp chamber wall in dogs. Frolov V.V., Egunova A.V., Ivantsov V.A.*	**222**
	•*Evaluation of the effect of the complex adsorbent "Galluasorb" on the ultrastructure of poultry liver in mycotoxicosis. Kashevarov G.S., Yusupova K.V., Saitov V.R., Tarasova E.Yu., Matrosova L.E.*	**228**
	• *Comparative characteristics of the bones forming the elbow joint in dogs of service breeds according to computed tomography. Rybalkin S.M., Shchipakin M.V.*	**236**
	•*Morphometry of the cranial cavity of dogs of brachycephalic breeds. Bylinskaya D.S., Khvatov V.A.*	**244**
	•*The main biochemical parameters of the blood of Duroc pigs in comparison with their three-breed hybrids in the dynamics of fattening. Zaitsev S. Yu., Kolesnik N.S., Savina A.A., Voronina O. A.*	**250**
	•*Determination of the cardiovertebral index in normal ornamental rabbits. Suslov E.S., Melnikov S.I.*	**265**
	•*Assessment of hematological parameters of rainbow trout when probiotic preparations are introduced into the diet. Karpenko L.Yu., Sidorova N.A., Bakhta A.A., Polistovskaya P.A., Nikonov I.N., Balykina A.B.*	**271**
	•*A case of spontaneous osteosarcoma in a female green marmoset. Oganesyan A.O., Simavonyan K.V., Kolesnik Yu.A., Gvozdik T.E., Kordonova A.V., Ilyazyants D.A., Shestakov V.A., Radomskaya E.Yu., Shlyapnikov S.M., Agumava A.A., Bulgin D.V.*	**278**

	•*Investigation of biochemical parameters of rainbow trout against the background of the use of probiotic drugs. Karpenko L.Yu., Sidorova N.A., Bakhta A.A., Savushkin A.I., Polistovskaya P.A., Nikonov I.N., Balykina A.B.*	**287**
	•*Micromorphological features of the superficial pectoral muscle of Cobb-500 broiler chickens with different feeding diets. Stepanishin V.V., Pozyabin S.V., Borkhunova E.N.*	**294**
	•*Influence of fucus algae on milk quality and cow productivity. Mudruk S.S., Karpenko L.Yu.*	**311**
Obstetrics, gynecology	•*Polymorphism of the kappa casein (CSN3) gene and its relation to milk productivity in samples of Holstein and Red steppe cows. Gadzhiev Z.K., Evlagina D.D., Kovaleva G.P., Surzhikova E.S., Lapina M.N.*	**317**
	•*Cytokine profile in newborn calves after antenatal and intranatal hypoxia. Zhukov M.S., Parshin P.A., Alyokhin Yu.N., Shaposhnikov I.T., Brigadirov Yu.N.*	**326**
	•*The effect of homogeneous selection on the reproductive qualities of cows of the Sychev breed. Gerasimova A.S., Sysoenkova D.V.*	**333**
	•*Polymorphism of the IGF-1 gene in the livestock of Holstein cows breeds and breeding bulls. Safina N.Yu., Makhonina E.N., Shakirov S.K., Gainutdinova E.R., Vologda D.S.*	**343**
	•*Quantitative and qualitative echographic characteristics of ovaries in dogs during estrus. Tsyganskiy R.A., Yakovleva U.S.*	**354**
Surgery	•*Fixation of sciatic bone fragments in unstable pelvic injuries in dogs. Antonov N.I.*	**364**
	•*Practical application of thermography in the diagnosis of hoof arrow pathologies in horses. Kirillov A.A., Stekolnikov A.A., Makarova E.S.*	**373**
	•*Evaluation of the effectiveness of hoof baths in diseases of fingers and hooves in cows. Lukina G.R., Khuzin D.A., Tarasova E.Yu., Yusupov S.A., Potekhina R.M., Bykova P.V.*	**382**
	•*Planar characteristics of healing of ulcerative lesions in the hoof area in cattle. Nenashev I.V., Maryin E.M.*	**393**
	•*Creation of individual guides for corrective osteotomy of the tibia in dogs. Rodionov V.D., Bogolyubov I.D., Karelin M.S.*	**403**
Non-communicable diseases	• *Evaluation of diagnostic measures for kidney pathology in cats. Shlyapnikova N.I., Skosyrskikh L.N., Sidorova K.A., Shchipakin M.V.*	**416**
	•*A new approach to the comprehensive assessment of problematic behavior of companion dogs. Message 1. Fomina A.S., Vasiliev P.V., Dolgov V.V., Krikunova A.A., Ermakov A.M.*	**424**

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 619: 57.012.4: 579.852.11
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.13

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ *BACILLUS ANTHRACIS* ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ ХРАНЕНИИ

Кашеваров Г.С.* – канд. биол. наук, зав. лаб. морфологических исследований (ORCID 0000-0002-4520-7596); **Юсупова К.В.** – канд. ветеринар. наук, науч. сотр. лаб. морфологических исследований (ORCID 0000-0001-8597-3458); **Саитов В.Р.** – д-р биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. морфологических исследований (ORCID 0000-0001-9815-1314); **Артемьева Е.А.** – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр., нач. отдела Государственной коллекции микроорганизмов (ORCID 0000-0002-6204-6077); **Мустафина Э.Н.** – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. отдела Государственной коллекции микроорганизмов (ORCID 0000-0002-1997-5575).

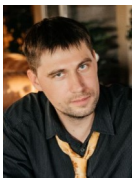
ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

* kaschewarow@mail.ru

Ключевые слова: *Bacillus anthracis, вегетативная форма, споровая форма, способы консервации, морфометрия, статистический анализ.*

Key words: *Bacillus anthracis, vegetative form, spore form, conservation methods, morphometry, statistical analysis.*

Поступила: 20.01.2025 г. **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Многие специалисты области биологических и ветеринарных наук используют чистые культуры для работ в фундаментальных и прикладных направлениях. На степень чистоты культур могут повлиять различные факторы, в числе которых нарушение условий хранения. Не смотря на широкий выбор методов консервации микроорганизмов, актуальными и универсальными для воспроизведения в лабораторных условиях являются лиофилизация и низкотемпературная консервация. В связи с этим, отделением Государственной коллекции микроорганизмов был проведен подбор оптимальных методик и условий, подходящих для сохранения интересующих штаммов и их свойств в течение продолжительного времени. Цель настоящей работы – выяснение морфологического аспекта вопроса о влиянии различных условий консервации на биологические свойства *Bacillus anthracis* вегетативной и споровой форм в условиях длительного хранения: способность к прорастанию, спорообразованию и морфологические характеристики. В качестве объекта исследований использовали осажденную суспензию бактериальных клеток *Bacillus anthracis* вегетативной и споровой форм. Для проведения морфологического исследования образцы *B. anthracis* подготавливали по методике ультратонких срезов, контрастировали и просматри-

вали под пучком электронов на трансмиссионном электронном микроскопе. Статистическую обработку данных осуществляли в программах MS Excel и Statistica 6.0. Применяли непараметрический тест Манна–Уитни с последующей коррекцией по методу Бонферрони. По результатам исследований было установлено, что бактерии всех групп сохранили способность к прорастанию и спорообразованию. Морфология *Bacillus anthracis* в Государственной коллекции штаммов в целом соответствует данным, приводимым в литературных источниках, и условия хранения не оказали существенного влияния на эти характеристики.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В качестве модели для исследований в области биологических и ветеринарных наук (микробиологических, эпизоотологических), как в фундаментальных, так и в прикладных направлениях (в том числе для биологической промышленности) важно использовать чистые культуры (штаммы) микроорганизмов [1; 2]. Работа с чистыми культурами может быть осложнена такими негативными явлениями, как невозможность восстановления биологических процессов, изменение фенотипических и генотипических особенностей, вызванные, например, нарушением условий хранения [3; 4]. Для нивелирования подобных проблем и в рамках задач Государственной коллекции микроорганизмов по качественной консервации и адаптации различных видов микроорганизмов необходимо проводить систематическую работу по определению оптимальных методик и конкретных условий, подходящих для сохранения интересующих штаммов в течение продолжительного времени.

Сегодня широко и эффективно применяют следующие способы консервации: субкультивирование, хранение в воде, водно-солевых растворах, под минеральным маслом, дегидратация, криоконсервация, лиофилизация и т. д. Наиболее удобными для исполнения в лабораторных условиях являются методы лиофилизации и низкотемпературной консервации в специальной криопротекторной среде [5].

Большой интерес в этом контексте вызывает возбудитель сибирской язвы, бактерия *Bacillus anthracis*, способная нанести тяжкий вред здоровью человека и сельскохозяйственных животных, обладая при этом высокой устойчивостью в споровой форме, жизнеспособность которой может сохраняться десятилетиями [6].

Целью исследования было выяснение вопроса о влиянии различных условий консервации на биологические свойства *Bacillus anthracis* вегетативной и споровой форм в условиях длительного хранения: способность к прорастанию, спорообразованию и морфологические характеристики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Была исследована морфология бактериальных клеток *Bacillus anthracis* вегетативной и споровой форм после длительного хранения с использованием различных методов консервации, а также при различных условиях фиксации. Исследование было проведено на базе отделения – Государственная коллекция микроорганизмов и лаборатории морфологических исследований ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ».

При низкотемпературном хранении по истечении 12 месяцев пробирки с культурами извлекали из морозильной камеры, оттаивали при комнатной температуре с последующем посевом их на МПА и МПБ. Также при консервации культур в глицерине из ампул были сделаны посевы на соответствующие питательные среды, определена их жизнеспособность и изучены биологические свойства согласно МУК 4.2.2413-08 «Лабораторная диагностика и обнаружение сибирской язвы».

Проверенные культуры, центрифугировали, отмывали и фиксировали 2,5% и 6% буферными растворами глутарового альдегида. Постфиксацию осуществляли тетраоксидом осмия, дегидратацию – проводкой через ряд растворов этилового спирта восходящей концентрации и аце-

тон. После дегидратации клетки импрегнировали смесью эпоновых смол, затем осуществляли полимеризацию смол, изготовление ультратонких срезов (на микротоме LKB-III) и монтаж срезов на блендах с полимерной подложкой (пиолоформ). Для контрастирования использовали стандартные электронно-микроскопические контрастёры: уранилацетат и цитрат свинца. Материал для морфометрического анализа получали на просвечивающем электронном микроскопе методом случайных бесповторных полей и дальнейшего анализа в программе ImageJ (сборка FIJI) [7].

Статистическую обработку данных осуществляли в программах MS Excel и Statistica 6.0. Применяли непараметрический тест Манна–Уитни с последующей коррекцией по методу Бонферрони (исходный уровень значимости $\alpha = 0,05$ был скорректирован в зависимости от количества групп сравнения).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты показали, что исследуемые штаммы сохранили жизнеспособность, высев на средах дал рост бактерий и вегетативной, и споровой формы после консервации в различных условиях: низкотемпературная консервация (вегетативная и споровая форма), консервация в глицерине (споровая форма) (рис. 1). Изучение биологических свойств штаммов показало их соответствии паспортным данным.

Средняя длина клеток *B. anthracis* (табл. 1) составила в нашем исследовании 1,67±0,88 мкм, а ширина – 0,93±0,20 мкм (данные усреднены по всем группам). Эти цифры, с одной стороны, характеризуются большим разбросом, а с другой – довольно невелики: согласно литературным данным, длина *B. anthracis* составляет от 2,5–4,0 до 5,0 мкм [8], 10,0 [9] и даже 20,0 мкм [10]; в ширину – от 0,7–1 до 1,5 мкм. Такие результаты обусловлены, в первую очередь, спецификой проводившихся измерений: нами измерялись изображения ультратонких срезов – соответственно, при прохождении среза через расположенные случайным образом клетки вероятность получения среза в плоскости, строго параллельной или перпендикулярной оси клетки (и при этом проходящей через центр клетки) довольно низка. Тем не менее, даже отмеченные нами максимальные значения длины клеток укладываются в обозначенный в литературе диапазон (а ширина чуть превышает его): длина 10 наиболее крупных клеток составила от 5,38 до 7,22 мкм, ширина – от 1,75 до 2,13 мкм.

Таким образом, полученные нами результаты измерений в целом не противоречат указанным для *B. anthracis* в литературных источниках, хотя и не достигают максимально возможных значений.

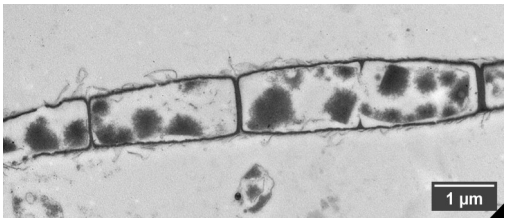


Рисунок 1 – Бактериальные клетки Bacillus anthracis после прорастания.

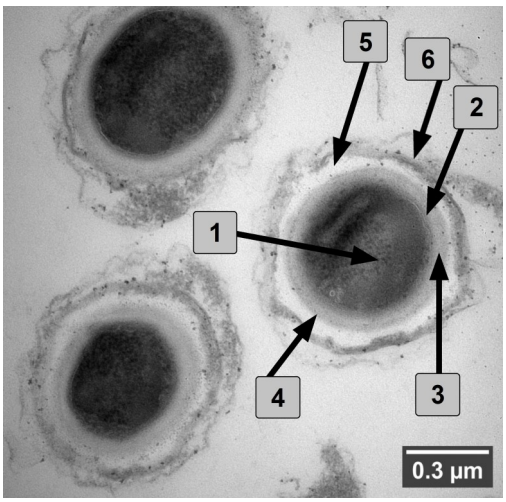


Рисунок 2 – Споры Bacillus anthracis.
1 – содержимое споры (ДНК);
2 – цитоплазматическая мембрана;
3 – клеточная стенка споры;
4 – кортекс; 5 –кора споры;
6 – экзоспориум.

Таблица 1 – Средние размеры (M±Sd) бактериальных клеток *Bacillus anthracis* различных групп

Условия консервации	Форма	Фиксатор, %	Длина, мкм	Ширина, мкм	Коэффициент округлости
Глицерин	Споровая	2,5	1,65±0,77	0,88±0,14	0,83±0,14
Глицерин	Споровая	6,0	1,54±0,84	0,95±0,2*	0,87±0,14*
Низкотемпературная	Споровая	2,5	1,58±0,76	0,95±0,19	0,87±0,14
Низкотемпературная	Споровая	6,0	2,03±0,97*	1,02±0,26*	0,78±0,16*
Низкотемпературная	Вегетативная	2,5	1,57±0,96	0,83±0,16	0,79±0,17
Низкотемпературная	Вегетативная	6,0	1,71±0,85*	0,91±0,14*	0,76±0,17

** – статистически значимые отличия морфологического признака группы бактерий, зафиксированных 6 % глутаровым альдегидом, по сравнению с группой бактерий, зафиксированных 2,5 % глутаровым альдегидом.*

Между бактериальными клетками разных групп отмечены небольшие, но статистически значимые различия. В разных условиях фиксации (фиксация глутаровым альдегидом 2,5 % и 6 %) бактериальные клетки показывают однородные изменения только в ширине клетки (в условиях более высокой концентрации глутарового альдегида ширина клетки выше), прочие же изменения разнонаправлены.

Кроме того, было проведено статистическое сравнение бактериальных клеток, зафиксированных одной и той же концентрацией фиксатора (2,5 % глутаровый альдегид), но находившихся в разных условиях хранения, а также споровой и вегетативной формы. С учётом поправки Бонферрони статистически значимые различия обнаружены между всеми группами по ширине клетки и коэффициенту округлости.

Тем не менее, несложно заметить, что с учётом величины стандартного отклонения аналогичные морфологические характеристики бактериальных клеток, находившихся в разных условиях хранения, а также подвергнутых фиксации различной концентрацией глутарового альдегида, лежат в пересекающихся диапазонах, поэтому на основании полученных данных нельзя сделать выводы о наличии влияния условий хранения на морфологию клеток *B. anthracis.*

Споры были обнаружены нами во всех исследованных группах в небольшом количестве (рис. 2). При этом наименьшее количество спор было отмечено в группе *B. anthracis* споровой формы в низкотемпературных условиях консервации (споры редки, встречаются единично). Поскольку количество спор, необходимых для качественного статистического анализа, было набрано не во всех группах, морфометрические характеристики спор по группам статистическому сравнению не подвергали, данные приводим по всем группам в целом. Споры округлые (коэффициент округлости составил 0,95±0,05 как для споровой, так и для вегетативной формы), размером порядка 0,9 × 0,7 мкм (в среднем 0,92±0,19 × 0,72±0,13 мкм для споровой и 0,91±0,23 × 0,71±0,17 мкм для вегетативной формы).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, бактерии всех групп сохранили способность как к прорастанию, так и к спорообразованию. Морфология штамма *Bacillus anthracis* из Государственной коллекции штаммов - возбудителей особо опасных болезней, используемых в ветеринарии и животноводстве, в целом соответствует данным, приводимым в литературных источниках, и условия хранения не оказали существенного влияния на эти характеристики.

STUDY OF THE MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF *BACILLUS ANTHRACIS* IN LONG-TERM STORAGE

Kashevarov G.S. *– Candidate of Biological Sciences, head of laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0002-4520-7596); **Yusupova K.V.** – Candidate of Veterinary Sciences, scientific researcher of laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0001-8597-3458); **Saitov V.R.** – Doctor of Biological Sciences, leading scientific researcher of laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0001-9815-1314); **Artemyeva E.A. –** Candidate of Veterinary Sciences, senior researcher, head of the State Collection of Microorganisms Department (ORCID 0000-0002-6204-6077); **Mustafina E.N. –** Candidate of Veterinary Sciences, leading researcher of the State Collection of Microorganisms Department (ORCID 0000-0002-1997-5575).

FSBSI «Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety»

* kaschewarow@mail.ru

ABSTRACT

Many specialists in the field of biological and veterinary sciences use pure crops for work in fundamental and applied areas. The degree of purity of crops can be influenced by various factors, including violation of storage conditions. Despite the wide range of methods for the conservation of microorganisms, lyophilization and low-temperature preservation are relevant and universal for reproduction in laboratory conditions. In this regard, the department of the State Collection of Microorganisms carried out the selection of optimal methods and conditions suitable for the preservation of the strains of interest and their properties for a long time. The purpose of this work is to clarify the morphological aspect of the question of the influence of various conservation conditions on the biological properties of Bacillus anthracis vegetative and spore forms under long–term storage conditions: the ability to germinate, spore formation and morphological characteristics. A precipitated suspension of Bacillus anthracis bacterial cells of vegetative and spore forms was used as an object of research. To carry out a morphological study, B. anthracis samples were prepared using the method of ultrathin sections, contrasted and viewed under an electron beam on a transmission electron microscope. Statistical data processing was carried out in MS Excel and Statistica 6.0 programs. The nonparametric Mann–Whitney test was used, followed by correction using the Bonferroni method. According to the results of the research, it was found that the bacteria of all groups retained the ability to germinate and sporulate. The morphology of Bacillus anthracis in the State Collection of Strains generally corresponds to the data given in the literature, and storage conditions did not significantly affect these characteristics.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Heylen K., Hoefman S., Vekeman B., Peiren J., De Vos P. Safeguarding bacterial resources promotes biotechnological innovation // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2012. – 94: 565–574.

2. Никитина З. К., Гордонова И. К., Насибов Э. М. Изучение коллагенолитических свойств коллекционных штаммов микромицетов при длительном хранении. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 33–39.

3. Артемьева Е. А., Мельникова Л. А., Родионов А. П. Опыт длительного хранения референтного штамма С-141 возбудителя мелиоидоза (Burkholderia pseudomallei) // Ветеринария сегодня. – 2022. – Т. 11 (3). – С. 268–272.

4. Артемьева Е. А., Мельникова Л. А., Родионов А. П. Особенности подготовки и выдачи производственного штамма 5584 Burkholderia mallei в соответствии с требованиями биологической безопасности // Ветеринария сегодня. – 2021. – Т. 10, № 3. – С. 243–247.

5. Родионов А.П., Артемьева Е.А., Мельникова Л.А., Сахибуллина Д.М. Отработка режима низкотемпературной консервации штаммов Bacillus anthracis / А. П. Родионов, Е. А. Артемьева, Л. А. Мельникова, Д. М. Сахибуллина // Ветеринария

сегодня. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 171-177.
6. Хаммадов, Н. И., Осянин К. А., Фаизов Т.Х., Фахрутдинов Н. А., Камалдинов И. Н., Усольцев К. В. Генетические маркеры возбудителей особо опасных заболеваний, характеризующихся природной очаговостью // Ветеринарный врач. – 2020. – № 1. – С. 67-73
7. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise [et al.] // Nature methods. – 9(7). – 2012. – P. 676–682. DOI: 10.1038/nmeth.2019.
8. Герасимов В. Н., Дятлов И. А., Храмов М. В., Маринин Л. И., Голов Е. А., Миронова Р. И., Смирнов А. М., Бутко М. П. Морфопопуляционные и ультраструктурные особенности клеток возбудителя сибирской язвы, выделенных из макроорганизма // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 3. – С. 51-55.
9. Задорина Ива Ивановна. Антигенная и молекулярно-генетическая оценка стабильности вакцинного сибиреязвенного штамма Ланге после длительного хранения: диссертация ... кандидата ветеринарных наук: 06.02.02 / Задорина Ива Ивановна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»]. – Казань, 2020. – 108 с.
10. Золотарев А. Г., Дармов И. В., Пименов Е. В. Возбудители особо опасных инфекционных заболеваний бактериальной природы: морфология и ультраструктура. – М.: Медицина, 2006. – 272 с.

REFERENCES

1. Heylen K., Hoefman S., Vekeman B., Peiren J., De Vos P. Safeguarding bacterial resources promotes biotechnological innovation // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2012. – 94: 565-574.
2. Nikitina Z. K., Gordonova I. K., Nasibov E. M. Izuchenie kollagenoliticheskih svojstv kollekcionnyh shtammov mikromicetov pri dlitel'nom hranenii. Voprosy biologicheskoj, medicinskoj i farmacevticheskoj himii. – 2021. – T. 24, № 3. – S. 33–39. (In Russ.)
3. Artem'eva E. A., Mel'nikova L. A., Rodionov A. P. Opyt dlitel'nogo hraneniya referentnogo shtamma S-141 vozbuditelya melioidoza (Burkholderia pseudomallei) // Veterinariya segodnya. – 2022. – T. 11 (3). – S. 268–272. (In Russ.)
4. Artem'eva E. A., Mel'nikova L. A., Rodionov A. P. Osobennosti podgotovki i vydachi proizvodstvennogo shtamma 5584 Burkholderia mallei v sootvetstvii s trebovaniyami biologicheskoj bezopasnosti // Veterinariya segodnya. – 2021. – T. 10, № 3. – S. 243–247. (In Russ.)
5. Rodionov A.P., Artem'eva E.A., Mel'nikova L.A., Sahibullina D.M. Otrabotka rezhima nizkotemperaturnoj konservacii shtammov Bacillus anthracis / A. P. Rodionov, E. A. Artem'eva, L. A. Mel'nikova, D. M. Sahibullina // Veterinariya segodnya. – 2023. – T. 12, № 2. – S. 171-177. (In Russ.)
6. Khammadov, N. I., Osyanin K. A., Faizov T.KH., Fakhrutdinov N. A., Kamaldinov I. N., Usol'tsev K. V. Geneticheskiye markery vozbuditeley osobo opasnykh zabolevaniy, kharakterizuyushchikhsya prirodnoy ochagovost'yu // Veterinarnyy vrach. – 2020. – № 1. – S. 67-73. (In Russ.)
7. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise [et al.] // Nature methods. – 9 (7). – 2012. – P. 676–682. DOI: 10.1038/nmeth.2019.
8. Gerasimov V.N., Dyatlov I.A., Hramov M.V., Marinin L.I., Golov E.A., Mironova R.I., Smirnov A. M., Butko M. P. Morfopopulyacionnye i ul'trastrukturnye osobennosti kletok vozbuditelya sibirskoj yazvy, vydelennyh iz makroorganizma // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – 2010. – № 3. – S. 51-55. (In Russ.)
9. Zadorina Iva Ivanovna. Antigennaya i molekulyarno-geneticheskaya ocenka stabil'nosti vakcinnogo sibireyazvennogo shtamma Lange posle dlitel'nogo hraneniya : dissertaciya ... kandidata veterinarnyh nauk : 06.02.02 / Zadorina Iva Ivanovna; [Mesto zashchity: FGBOU VO «Kazanskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny imeni N.E. Baumana»]. – Kazan', 2020. – 108 s. (In Russ.)
10. Zolotarev A. G., Darmov I. V., Pimenov E. V. Vozbuditeli osobo opasnyh infekcionnyh zabolevanij bakterial'noj prirody : morfologiya i ul'trastruktura. – M.: Medicina, 2006. – 272 s. (In Russ.)

УДК: 615.33:619:636.5.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.19

ВЛИЯНИЕ ИНФИЦИРУЮЩЕЙ ДОЗЫ *ESCHERICHIA COLI* НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КОЛИБАКТЕРИОЗЕ ЦЫПЛЯТ

Мазур А.Д.* – млад. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1340-8024); **Скворцов В.Н.** – д-р ветеринар. наук, руководитель Белгородского филиала ВИЭВ (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Присный А.А.** – д-р биол. наук, зав. лабораторией (ORCID 0000-0001-5229-4576); **Юрин Д.В.** – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9380-4136); **Степанова Т.В.** – ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9092-8045)

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

*an4.mazur@yandex.ru

Ключевые слова: *колибактериоз, Escherichia coli, экспериментальная инфекция, инфицирующая доза, цыплята, левофлоксацин, профилактическая эффективность, лечебная эффективность.*

Keywords: *colibacillosis, Escherichia coli, experimental infection, infective dose, chicks, levofloxacin, prophylactic efficacy, therapeutic efficacy.*

Поступила: 11.11.2024 **Принята к публикации:06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Антибиотикотерапия решает задачи по устранению колибактериоза, а правильно выстроенные схемы лечения предотвращают распространение резистентных штаммов возбудителей среди людей, сельскохозяйственных животных и птиц. Целью данной работы являлось изучение влияния инфицирующей дозы *Escherichia coli* на эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят. Для проведения опыта использовали 375 цыплят, которые были разделены на три группы по пять подгрупп (25 голов) в каждой. Заражение птиц первой группы проводили внутрибрюшинным способом суспензией из суточной культуры *E. coli* в концентрации 150 млн. микробных тел / 0,5 мл (1 DLM – минимальная летальная доза). Заражение птиц второй и третьей групп проводили аналогичным способом, при этом минимальная летальная доза была увеличена до 2 DLM (300 млн. микробных тел / 0,5 мл суспензии) и 3 DLM (450 млн. микробных тел / 0,5 мл суспензии) соответственно. Наблюдение за цыплятами вели в течение 15 дней. Эффективность левофлоксацина, применяемого в различных концентрациях с питьевой водой, оценивали путём сравнительного анализа количества выживших и павших птиц в опытных и контрольных группах. При воспроизведении экспериментального колибактериоза цыплят инфицирующей дозой 1 DLM высокий терапевтический эффект (100%) был до-

стигнут в группах птиц, которым препарат назначали в концентрациях 200 и 300 мг/л воды. В группах цыплят, где заражающая доза была увеличена до 2 DLM, эффективность лечения снизилась до 80-84%. В группах цыплят, где заражающая доза была увеличена до 3 DLM, эффективность лечения снизилась до 64-80%.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Колибактериоз – инфекционное заболевание всех видов и возрастов птиц, которое в большинстве случаев можно охарактеризовать как септицемию [1, 2]. Возбудитель заболевания – патогенные варианты *Escherichia coli*. По результатам проведённых исследований микрофлоры, выделенной от птиц разных видов из объектов в хозяйствах различного технологического направления, установлена доминирующая роль кишечной палочки в патологиях, удельный вес которой составляет 41,2% [3, 4, 5].

Этот значительный процент в инфекционных болезнях птиц осложняет общую эпизоотическую ситуацию в хозяйствах вследствие того, что *E. coli* является также фундаментом для развития смешанных инфекций. Колибактериоз часто протекает в ассоциации с пастереллёзом, гемофилёзом и стафилококкозом. Из-за чего своевременная диагностика и проведение лечебных и профилактических мероприятий затрудняются [6].

Антибиотикотерапия решает задачи по устранению данного заболевания, а правильно выстроенные схемы лечения предотвращают распространение резистентных штаммов возбудителей среди людей, сельскохозяйственных животных и птиц [7, 8, 9].

Для рациональной антибиотикотерапии необходимо использовать научно разработанные и обоснованные способы мониторинга и диагностики бактериальных болезней, методы определения чувствительности микроорганизмов к антимикробным средствам и проводить доклинические исследования действия последних.

Высокий уровень резистентности энтеропатогенных микроорганизмов влечёт за собой поиск препаратов, которые обладают выраженным антимикробным действием [10, 11, 12], отсутствием токсических и побочных эффектов [13], а также оптимальным курсом терапии и возможностью применения в условиях производства. Исходя из этого возникает интерес к препаратам фторхинолонового ряда, в состав которых входит и левофлоксацин.

Целью данной работы являлось изучение влияния инфицирующей дозы *E. coli* на эффективность левофлоксацина при экспериментальном коллибактериозе цыплят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для проведения опыта 375 цыплят были разделены на три группы по пять подгрупп (25 голов) в каждой.

Заражение цыплят первой группы проводили внутрибрюшинным способом суспензией из суточной культуры *E. coli* в концентрации 150 млн. микробных тел / 0,5 мл (1 DLM). Заражение птиц второй и третьей групп проводили аналогичным способом, при этом минимальная летальная доза была увеличена до 2 DLM (300 млн. микробных тел / 0,5 мл суспензии) и 3 DLM (450 млн. микробных тел / 0,5 мл суспензии) соответственно.

Левофлоксацин назначался в свободном доступе с питьевой водой за сутки до заражения в течение пяти дней. Для первых подгрупп птиц доза препарата составила 50 мг/л воды, для вторых – 100 мг/л воды, для третьих – 200 мг/л воды и для четвёртых – 300 мг/л воды. В-пятых, подгруппах опыта находились контрольные цыплята, которые после заражения не получали лекарственных средств.

Так же в опыте сформирована интактная группа, где находилась птица, не подвергавшаяся никаким экспериментальным действиям.

Наблюдение за цыплятами вели в течение 15 дней.

Эффективность левофлоксацина, применяемого в различных концентрациях с питьевой водой, оценивали путём сравни-

тельного анализа количества выживших и павших птиц в опытных и контрольных группах.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Полученные результаты исследования представлены в таблице 1. В группах цыплят, где заражающая доза составляла 1 DLM, получены следующие данные. Использование препарата в дозах 300 и 200 мг/л воды обеспечивало выживаемость 100% птиц в соответствующих группах. Применение левофлоксацина в дозе 100 мг/л воды оказалось менее эффективным, в этой группе выжило 84% цыплят. В группе цыплят, где лекарственное средство назначали в концентрации 50 мг/л воды, выживаемость была равной 60%. В контрольной группе к концу опыта пало 92% цыплят.

В группах птиц, где заражающая доза была увеличена и составляла 2 DLM, эффективность лечения снизилась. Так, назначение левофлоксацина в самой высокой концентрации (300 мг/л воды) обеспечивало выживаемость 80% цыплят. При назначении препарата в дозе 200 мг/л воды выжило 84% птиц. Более худшие результаты терапии (68% и 60%) получены при применении левофлоксацина в дозах 100 и 50 мг/л воды соответственно. В контрольной группе к концу опыта в живых осталось три цыплёнка (12%).

В опытных группах цыплят, где заражающая доза была повышена до 3 DLM, увеличился и падеж птиц. Наибольшая эффективность (80%) достигнута в группе цыплят, которым применяли препарат в дозе 300 мг/л воды. В остальных группах отмечался значительный падёж среди птиц (36-56%). В контрольной группе пало 96% цыплят.

В интактной группе на протяжении всего опыта заболевшей и павшей птицы не было.

Таблица 1 – Лечебно-профилактическая эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят (заражающая доза 1 DLM, 2 DLM и 3 DLM)

Доза препарата мг/л	1 DLM				2 DLM				3 DLM			
	Выжило		Пало		Выжило		Пало		Выжило		Пало	
	Голов	%	Голов	%	Голов	%	Голов	%	Голов	%	Голов	%
50	15	60	10	40	15	60	10	40	15	60	10	40
100	21	84	4	16	17	68	14	56	11	44	14	56
200	25	100	0	0	21	84	9	36	16	64	9	36
300	24	100	0	0	20	80	5	20	20	80	5	20
Контроль	2	8	23	92	3	12	22	88	1	4	24	96

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

При воспроизведении экспериментального колибактериоза цыплят инфицирующей дозой 1 DLM высокий терапевтический эффект (100%) был достигнут в группах цыплят, которым препарат назначали в концентрациях 200 и 300 мг/л воды.

С повышением заражающей дозы до 2 DLM и 3 DLM эффективность лечения снижалась до 64-84%.

IMPACT OF INFECTIVE DOSE OF *ESCHERICHIA COLI* ON EFFECTIVENESS OF LEVOFLOXACIN IN EXPERIMENTAL COLIBACILLOSIS OF CHICKS

Mazur A.D.* – Junior Researcher (ORCID 0000-0003-1340-8024); **Skvortsov V.N.** – D. V. Sc., Head of Department (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Prisnyi A.A.** – D. B.Sc., Head of Laboratory (ORSID 0000-0001-5229-4576); **Yurin D.V.** – C. Vet. Sci., Leading Researcher

(ORCID 0000-0001-9380-4136); **Stepanova T.V.** – Senior Researcher (ORCID 0000-0001-9092-8045).

FGBNU "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"

*an4.mazur@yandex.ru

ABSTRACT

The aim of the present research was to study the impact of infective dose on effectiveness of levofloxacin in Antibiotic therapy solves the problems of eliminating colibacillosis, and properly constructed treatment regimens prevent the spread of resistant strains of pathogens among humans, farm animals and birds. The aim of this work was to study the effect of the infective dose of Escherichia coli on the effectiveness of levofloxacin in experimental colibacillosis of chickens. For the experiment, 375 chickens were used, which were divided into three groups of five subgroups (25 heads) in each. The birds of the first group were infected intraperitoneally with a suspension from a daily culture of E. coli at a concentration of 150 million microbial bodies / 0.5 ml (1 DLM - minimum lethal dose). Birds of the second and third groups were infected in a similar manner, with the minimum lethal dose increased to 2 DLM (300 million microbial bodies/0.5 ml of suspension) and 3 DLM (450 million microbial bodies/0.5 ml of suspension), respectively. The chickens were observed for 15 days. The efficacy of levofloxacin administered in various concentrations with drinking water was assessed by comparative analysis of the number of surviving and dead birds in the experimental and control groups. When reproducing experimental colibacillosis in chickens with an infectious dose of 1 DLM, a high therapeutic effect (100%) was achieved in the groups of birds to which the drug was administered in concentrations of 200 and 300 mg/l of water. In the groups of chickens where the infectious dose was increased to 2 DLM, the efficacy of treatment decreased to 80-84%. In groups of chickens where the challenge dose was increased to 3 DLM, treatment efficacy decreased to 64-80%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. К вопросу об этиологии колибактериоза птиц / В. В. Виноходов, В. О. Виноходов, С. Н. Лысенко // Международный вестник ветеринарии. – 2009. – № 3. – С. 17-25.

2. Герасимова, А. О. Колибактериоз птиц - актуальные вопросы / А. О. Герасимова, О. Б. Новикова, А. А. Савичева // Ветеринария сегодня. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 284-292. – DOI 10.29326/2304-196X-2023-12-4-284-292.

3. Анализ эпизоотического состояния птицеводства в Российской Федерации / Г. А. Джаилиди, А. А. Лысенко, Ю. Ю. Пономаренко, А. Е. Лосаберидзе // Ветеринария Кубани. – 2014. – № 2. – С. 25-27.

4. Новикова, О. Б. Проблема колибактериоза в птицеводстве / О. Б. Новикова, А. А. Бартенев // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 8-4. – С. 35-37.

5. Микробиологический мониторинг бактериальных болезней птиц / С. Б. Лыско, О. А. Сунцова, А. А. Гофман, А. В. Портянко // Птица и птицепродукты. – 2016. – № 1. – С. 51-53.

6. Диагностика, лечебно-профилактические и ветеринарно-санитарные мероприятия при ассоциативном течении колибактериоза и эймериоза кур / Т. С. Тамбиев, Э. Ю. Кобзарь, А. Н. Тазаян [и др.] // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2020. – № 4(48). – С. 7-14. – DOI 10.24411/2074-5036-2020-10035.

7. Khong M. J., Snyder A. M., Magnaterra A. K., Young M. M., Barbieri N. L., Weimer S. L. Antimicrobialresistance profile of Escherichia coli isolated from poultry litter. Poul. Sci. 2022; 102 (1):102305. DOI: 10.1016/j.psj.2022.102305.

8. Kathayat D., Lokesh D., Ranjit S., Rajashekara G. Avian pathogenic Escherichia coli (APEC): an overview of virulence and pathogenesis factors, zoonotic potential, and

control strategies. Pathogens. 2021; 10 (4):467. DOI: 10.3390/ pathogens10040467.
9. Исакова М.Н., Соколова О.В., Безбородова Н.А., Кривоногова А.С., Исаева А.Г., Зубарева В.Д. Антибиотикорезистентность клинических изолятов *Escherichia coli*, выделенных от животных. *Ветеринария сегодня*. 2022;11(1):14-19. DOI 10.29326/2304-196X-2022-11-1-14-19
10. Дмитриева, М. Е. Преодоление резистентности в лечении птицы, больной колибактериозом / М. Е. Дмитриева, О. Б. Новикова, Л. М. Кашковская // Птицеводство. – 2017. – № 1. – С. 33-37.
11. Антимикробная активность фторхинолонов в отношении микроорганизмов, выделенных от животных / Д. В. Юрин, А. А. Балбуцкая, В. Н. Скворцов, А. А. Присный // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 3. – С. 63-67. Эффективность антибактериальных препаратов при экспериментальном заражении цыплят salmonella enteritidis / В. Н. Скворцов, Д. В. Юрин, А. А. Присный, А. А. Моисеева // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – № 1. – С. 87-90.
12. Эффективность антибактериальных препаратов при экспериментальном заражении цыплят salmonella enteritidis / В. Н. Скворцов, Д. В. Юрин, А. А. Присный, А. А. Моисеева // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – № 1. – С. 87-90.
13. Влияние разных доз левофлоксацина на динамику лейкоцитарных клеток в крови цыплят / А. А. Моисеева, А. А. Присный, В. Н. Скворцов [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 2. – С. 57-59. – DOI 10.30917

REFERENCES

1. K voprosu ob etiologii kolibakterioza ptits [To a question about etiology of colibactiriosys of birds] / V.V. Vinokhodov, V.O. Vinokhodov, S.N. Lysenco // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2009, no. 3, pp. 17-25. (In Russ.)
2. Gerasimova A.O. Kolibakterioz ptits - aktual'nye voprosy [Avian colibacillosis – current aspects] / A.O. Gerasimova, O.B. Novikova, A.A. Savicheva // *Veterinary Science Today*, 2023, no. 12 (4), pp. 284-292. https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-4-284-292 (In Russ.)
3. Analiz epizooticheskogo sostoianiia ptitsevodstva v Rossiyskoy Federatsii [Epizootic analysis of poultry diseases in the Russian Federation] / G.A. Dzhailidi, A.E. Losaberidze, A.A. Lysenko, Yu.Yu. Ponomarenko // *Veterinariya Kubani*, 2014, no. 2, pp. 25-27. (In Russ.)
4. Novikova O.B. Problema kolibakterioza v ptitsevodstve [The problem of colibacillosis in poultry farming] / O.B. Novikova, A.A. Bartenev // *Sovremennye tendentsii razvitiia nauki i tekhnologiy*. Sbornik nauchnykh trudov po materialam VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Modern trends in science and technologies. Proceedings of VIII International scientific and practical conference], 2015, no. 8-4, pp. 35-37. (In Russ.)
5. Mikrobiologicheskiy monitoring bakterial'nykh boleznei ptits [Microbiological monitoring of poultry bacterial diseases] / S.B. Lysko, O.A. Suntsova, A.A. Hoffman, A.V. Portyanko // *Ptitsa i ptitseprodukty* [Poultry and Chicken Products], 2016, no. 1, pp. 51-53. (In Russ.)
6. Diagnostika, lechebno-profilakticheskie i veterinarno-sanitarnye meropriiatiia pri assotsiativnom techenii kolibakterioza i eimerioza kur [Diagnostics, therapeutic-preventive and veterinary-sanitary measures in associative course of colibacillosis and eimeriosis of chickens] / T.S. Tambiev, E.Yu. Kobzar, A.N. Tazayan, M.S. Krivko, Yu.M. Gak, E.G. Duletov // *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii* [Actual Questions of Veterinary Biology], 2020, no. 4 (48), pp. 7-14. DOI 10.24411/2074-5036-2020-10035. (In Russ.)
7. Khong M. J., Snyder A. M., Magnaterra A. K., Young M. M., Barbieri N. L., Weimer S. L. Antimicrobialresistance profile of Escherichia coli isolated from poultry litter. *Poul. Sci.* 2022; 102 (1):102305. DOI: 10.1016/j.psj.2022.102305.
8. Kathayat D., Lokesh D., Ranjit S., Rajashekara G. Avian pathogenic Escherichia

coli (APEC): an overview of virulence and pathogenesis factors, zoonotic potential, and control strategies. *Pathogens*. 2021; 10 (4):467. DOI: 10.3390/ pathogens10040467.
9. Antibiotikorezistentnost' klinicheskikh izoliatov *Escherichia coli*, vydelennykh ot zhivotnykh [Antimicrobial resistance in clinical Escherichia coli isolates obtained from animals] / M.N. Isakova, O.V. Sokolova, N.A. Bezborodova, A.S. Krivonogova, A.G. Isaeva, V.D. Zubareva // *Veterinariia segodnia* [Veterinary Science Today], 2022, no. 11 (1), pp. 14-19. DOI 10.29326/2304-196X -2022-11-1-14-19 (In Russ.)
10. Preodolenie rezistentnosti v lechenii ptitsy, bol'noi kolibakteriozom [The Surmounting of Drug Resistance in Treatment of Colibacteriosis in Poultry] / M.E. Dmitrieva, O.B. Novikova, L.M. Kashkovskaya // *Ptitsevodstvo* [Poultry farming], 2017, no. 1, pp. 33-37. (In Russ.)
11. Antimikrobnaia aktivnost' ftorkhinolonov v otnoshenii mikroorganizmov, vydelennykh ot zhivotnykh [Antimicrobial activity of fluoroquinolones concerning the microorganisms allocated from animals] / D.V. Yurin, A.A. Balbutskaya, V.N. Skvortsov, A.A. Prisnyi // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2018, no. 3, pp. 63-67. (In Russ.)
12. Effektivnost' antimikrobnykh preparatov pri eksperimental'nom zarazhenii tsypliat salmonella enteritidis [The medical and prophylactic efficiency of antimicrobial facilities under experimental chicken salmonellosis] / V.N. Skvortsov, D.V. Yurin, A.A. Prisnyi, A.A. Moiseeva // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2019, no. 1, pp. 87-90. (In Russ.)
13. Vliianie raznykh doz levofloksatsina na dinamiku leikotsitarnykh kletok v krovi tsypliat [The effect of different doses of levofloxacin on leukocyte dynamics in chicken blood] / A.A. Moiseeva, A.A. Prisnyi, V.N. Skvortsov [et al.] // *Veterinaria i kormlenie*, 2023, no. 2, pp. 57-59. DOI 10.30917 (In Russ.)

УДК: 577.2:578.828.6
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.25

ДИЗАЙН И ПОЛУЧЕНИЕ РЕКОМБИНАНТНОГО МУЛЬТИЭПИТОПНОГО АНТИГЕНА ДЛЯ ИНДИКАЦИИ АНТИТЕЛ ПРОТИВ ВИРУСА АРТРИТА-ЭНЦЕФАЛИТА КОЗ

Хаммадов Н.И. [1,2]* – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5669-1486); **Галеева А.Г**. [1,2] – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр., зав. лаб. вирусных антропозоонозов (ORCID 0000-0003-2650-6459); **Горбунова М.Е**. [1] – канд. биол. наук, науч. сотр. (ORCID 0000-0002-0707-2117); **Сальманова Г.Р.** [1] – аспирант (ORCID 0000-0003-2356-133X); **Громова Е.А**. [1] – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-0416-6193); **Хамидуллина А.И.** [2] **–** студ. 5 курса факультета ветеринарной медицины (ORCID 0000-0001-5593-2399); **Ефимова М.А.** [1,2] – д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-8786-1310)

[1] ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»
[2] ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана»

* nikhammadov@mail.ru

Ключевые слова: *мелкий рогатый скот, вирус артрита-энцефалита коз (ВАЭК), рекомбинантный антиген, эпитоп, иммуноферментный анализ (ИФА).*

Keywords: *small cattle, caprine arthritis-encephalitis virus (CAEV), recombinant antigen, epitope, enzyme immunoassay (ELISA).*

Поступила: 20.11.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

На сегодняшний день к единственному эффективному средству борьбы с вирусом артрита-энцефалита коз (ВАЭК) относят его раннюю диагностику и убой всех животных в неблагополучных и подозреваемых в неблагополучии хозяйствах, поскольку специфические меры профилактики не разработаны. Из широкодоступных средств для диагностических исследований можно выделить ПЦР индикацию генома ВАЭК и выявление специфических антител вируса, которое напрямую зависит от серологической активности и специфичности применяемых в диагностических наборах антигенов. Настоящая работа посвящена разработке рекомбинантного антигена для серологической индикации антител против ВАЭК. В результате биоинформационного анализа был выполнен поиск аминокислотных последовательностей белков вируса, анализ иммуногенных эпитопов данных белков, поиск сайтов N-, O- гликозилирования, сайтов сигнального пептида и трансмембранных доменов. На основе полученных данных произведен дизайн рекомбинантного мультиэпитопного антигена со следующей аминокислотной последовательностью «mqktnepyedfaarlleaidaepipvgaeiipesmkylrgaksqgklneeaerwrrnnppppavraytygviempenyakvcq

plvqiyrtlstptyqhhhhhh». Сконструированная аминокислотная последовательность после перевода ее в нуклеотидную с учётом кодонной оптимизации продуцирования белка в *Escherichia coli,* клонирована в состав экспрессирующей конструкции на основе вектора pET28a (+). В результате конструирования длина созданной плазмиды для экспрессии нуклеотидной последовательности ВАЭК составила 5527 п.н. Наработанный и отчищенный методом аффинной хроматографии белок, содержащий в своём составе аминокислотные последовательности иммуногенных эпитопов антигенов ВАЭК, подтвердил свою функциональность в непрямом твердофазном иммуноферментном анализе с применением сывороток крови коз с подтверждённым ранее иммунным статусов к данному вирусу. Представленный в настоящей работе рекомбинантный мультиэпитопный антиген может найти широкое применение в качестве составляющего компонента при разработки диагностических тест-систем.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Артрит-энцефалит коз (АЭК) – персистирующее инфекционное заболевание коз, вызываемое лентивирусом, принадлежащим к семейству *Retroviridae*. К вирусу артрита-энцефалита коз (ВАЭК) восприимчивы домашние козы, есть данные об заражении овец [1] и крупного рогатого скота [2]. Болезнь характеризуется длительным бессимптомным вирусоносительством, с последующим развитием клинических признаков поражения молочной железы, суставов, органов дыхания и центральной нервной системы [3]. На сегодняшний день к единственному эффективному средству борьбы с ВАЭК относят его раннюю диагностику и убой всех животных в неблагополучных и подозреваемых в неблагополучии хозяйствах, поскольку специфические меры профилактики не разработаны [4]. Есть данные и о другом подходе, который основан на отлучении новорожденных козлят до приема ими молозива матери, инфицированной ВАЭК, и раздельного содержания от общего стада с кормлением пастеризованным молоком [4].

Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 565 от 25.09.2020 г. АЭК внесен в список особоопасных болезней животных, к которым также относят, например, такие инфекции как бруцелез [5], сибирская язва [6], бешенство [7], африканская чума свиней [8]. Несмотря на это, официальное признание наличия АЭК в России зарегистрировано лишь с 2022 года, по данным Россельхознадзора было зафиксировано 2 новых неблагополучных пункта по данному заболеванию и выявлено 14 новых случаев заболеваний коз. К тому же до 2022 года регулярно отмечались случаи и другой ретровирусной инфекции мелкого рогатого скота – вируса Висна-Маеди. По данным В.Ю. Коптева при серологическом исследовании проб сывороток крови от 1077 коз, содержащихся в личных подсобных и крестьянских фермерских хозяйствах, расположенных в 8 федеральных округах Российской Федерации, установлено, что в 27 регионах наблюдается распространение ВАЭК. Наибольшее количество серопозитивных по АЭК животных зафиксировано среди исследуемого поголовья коз, содержащихся в Дальневосточном (92,3%), Приволжском (53,3%), Сибирском (54,8%) и Уральском (56,62%) федеральных округах [3]. В двух хозяйствах Республики Татарстан за 2022 г выявлено 24 положительные пробы на АЭК, так же у некоторых коз был выражен артрит суставов, шаткость походки [9].

Диагностические исследование на АЭК в Российской Федерации осуществляются серологическими (реакция диффузионной преципитации в геле (РДП) и иммуноферментный анализ (ИФА)) и молекулярно-генетическим (полимеразная-цепная реакция в режиме реального времени – ПЦР-РВ) методами. Диагностика АЭК по клиническим и патоморфологическим признакам хоть и является специфической, но не выявляет большое число латентных носителей [10]. В связи с отсутствием в Российской Федерации нормативно-методических документов, на которые должна опираться

система диагностических мероприятий при выявлении АЭК, лаборатории при проведении исследований как правило используют ПЦР и ИФА тест-системы, доступные на коммерческом рынке страны. Метод ПЦР-РВ позволяет обнаруживать геном ВАЭК в пробах крови инфицированных животных на начальных стадиях заболевания [9], однако ввиду короткой фазы вирусемии вируса, данный способ применяют как дополнительный, до наступления сероконверсии [4]. К тому же метод ПЦР не отражает состояние иммунной системы, что необходимо принимать во внимание при планировании оздоровительных мероприятий в хозяйстве [11]. Одним из эффективных методов выявления вирусоносительства у коз является контроль наличия специфичных антител, что в свою очередь зависит от серологической активности и специфичности применяемых в диагностических наборах антигенов [12]. Однако при использовании серологических тестов из-за поздней (1,5-2 месяца) постинфекционной сероконверсии, часть недавно инфицированных животных может быть серонегативна, что требует разработки новых подходов для выявления инфицированных животных [4]. Одним из перспективных направлений повышения чувствительности и специфичности серологических тестов является использование рекомбинантных антигенов - аналогов иммуногенных эпитопов, специфичных большинству известных циркулирующих штаммов. Технология получения рекомбинантных белков является основой в конструировании и создании диагностических тест-систем нового поколения для индикации многих инфекционных заболеваний, а подход, основанный на использовании генетически трансформированного штамма-продуцента, позволяет получать высокоочищенные стабильные препараты рекомбинантных антигенов возбудителя болезни [13].

Целью работы явился дизайн и получение рекомбинантного мультиэпитопного антигена вируса артрита-энцефалита коз, предназначенного для использования в серологических тестах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Антиген. Поиск аминокислотных последовательностей белков gag protein и envelope (env) polyprotein ВАЭК, биоинформационный анализ эпитопов данных белков осуществляли с помощью ресурса «Immune Epitope Database». В качестве референтной последовательности использовали последовательность ВАЭК, сохраненную из базы данных GenBank - NC_001463.1. (Caprine arthritis-encephalitis virus, complete genome). Поиск сайтов N-, O- гликозилирования, сайтов сигнального пептида и трансмембранных доменов проводили с помощью on-line ресурсов NetNGlyc1.0, DictyOGlyc - 1.1, SignalP 5.0 и TMHMM2.0 соответственно (сайт CBS Prediction Servers http://www.cbs.dtu.dk/services). Перевод аминокислотной последовательности в нуклеотидную осуществляли в интернет-ресурсе «IDT». Вставку нуклеотидной последовательности, кодирующую белки gag protein и env protein ВАЭК, в составе плазмидного вектора pET28a(+) и олигонуклеотиды для ПЦР заказывали в ЗАО «Евроген» (Россия) Наличие генетической вставки в плазмиде, а также её нуклеотидная последовательность было подтверждено путём предоставления результата секвенирования по методу Сэнгера (выполнено в ЗАО «Евроген» (Москва)).

Для увеличения концентрации применяемого плазмидного вектора трансформировали им компетентные клетки *Escherichia coli* штамма DH5α с помощью хлористого кальция, методом теплового шока, согласно протоколу F.M. Ausubel, 2003 [14]. Культуру трансформированных клеток, содержащих модифицированную плазмиду с встроенным геном, культивировали в 100 мл жидкой питательной среды LB (Lysogeny broth) с добавлением канамицина в рабочей концентрации 20 мкг/мл. Выделение плазмидной ДНК из клеток *E. coli* осуществляли набором MiniPrep (ЗАО «Евроген», Россия), согласно инструкции производителя. Концентрацию выделенной плазмиды измеряли с

помощью спектрофотометра UV5Nano (Mettler Toledo, США). Трансформацию компетентных клеток *E. coli* штамма BL21(DE3) со следующим генотипом - F– , ompT, hsdSB (rB–, mB–), dcm, gal, λ (DE3), pLysS, Cmr. проводили аналогично клеткам штамма *E. coli* DH5α согласно протоколу F.M. Ausubel, 2003 [14]. После получения продуктов экспрессии и трансляции проводили металл-аффинную хроматографию антигенов с использованием сорбента с Ni2+-сефарозой. Концентрацию белка в препаратах антигена ВАЭК измеряли с помощью спектрофотометра UV5Nano (Mettler Toledo, США).

Сыворотка крови. В качестве отрицательного контрольного образца (ОКО) использовали сыворотку крови коз, не содержащую антител к ВАЭК, положительного контрольного образца (ПКО) – использовали сыворотку крови коз, с подтвержденным наличием антител к ВАЭК (ИФА с набором производства Idexx) с титром не менее чем 1:1024. Также в работе использовали сыворотки крови коз (n=32) в возрасте от года до четырех лет, для которых было подтверждено наличие/отсутствие антител к ВАЭК методом ИФА с использованием коммерческих наборов, согласно инструкции производителя, а также ранее дополнительно проведено исследование крови от тех же животных на наличие/отсутствие ДНК методом ПЦР [15].

Конъюгат. В качестве конъюгата антивидовых антител применяли коммерческий препарат антивидового иммунопероксидазного конъюгата против IgG козы («Sigma», США).

Иммуноферментный анализ (ИФА) проводили с использованием коммерческих тест-систем CAEV/MVV» IDEXX (Франция) и «MVD-Enferplex Goat/Sheep Multidisease Test» Enfer (Ирландия) согласно инструкции производителя и способа ИФА на основе сконструированного антигена.

После оптимизации всех параметров реакции была принята следующая схема непрямого варианта ИФА. Антиген разводили на карбонат-бикарбонатном буфере (КББ) до концентрации 100 мкг/мл, сенсибилизировали им планшет (ВНИИ «Медиполимер», Россия) в объёме 100 мкл на лунку и инкубировали 3 ч при 37 ° С. Содержимое лунок удаляли и отмывали три раза фосфатно-буферным раствором (ФБР) с добавлением 0,5% Твин-20 (ФБР-Т). Для определения минимального титра противовирусных антител к ВАЭК сыворотки вносили в объеме 4 мкл в первые лунки планшета в разведении 1:25 на ФБР и титровали методом последовательных двукратных разведений (последнее разведение 1:3200). В процессе тестирования сывороток в одном разведении в качестве рабочего использовали разведение 1:25. Планшет с образцами инкубировали 1 ч при 37°С. Содержимое лунок удаляли и отмывали три раза фосфатно-буферным раствором (ФБР) с добавлением 0,5% Твин-20 (ФБР-Т). Во все лунки планшета вносили по 100 мкл антивидового конъюгата в разведении 1:20000 на ФБР и инкубировали в течение 1 ч при 37°С. Содержимое лунок удаляли и отмывали пять раза ФБР-Т. Во все лунки планшета вносили по 100 мкл тетраметилбензидин гидрохлорида (ТМБ) и инкубировали в темном месте при комнатной температуре (22+2°С) в течение 10 мин. Реакцию останавливали добавлением в каждую лунку планшета по 50 мкл 0,5М серной кислоты. Учет результатов ИФА осуществляли на спектрофотометре Multiskan GO («ThermoFisher», США) при длине волны 450 нм. Анализ считали положительным, если коэффициент отношения оптической плотности (ОП) исследуемой сыворотки к ОП отрицательного образца больше или равен 2,2; сомнительным, если коэффициент отношения ОП исследуемой сыворотки к ОП отрицательному образцу от 2,0 до 2,2; отрицательным, если коэффициент отношения ОП исследуемой сыворотки к ОП отрицательному образцу меньше 2,0.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Геном ВАЭК (9.2 kb) представлен пятью генами *gag, pol, CaVgp3, CaVgp4* и *env*, которые кодируют белки gag protein (CaVgp1), pol protein (CaVgp2), protein Q

(CaVgp3), protein S (CaVgp4) и envelope polyprotein; trans-regulatory splicing-like protein (CaVgp5), соответственно. Для разработки рекомбинантного антигена с помощью биоинформационного анализа нами были отобраны наиболее иммуногенные для ВАЭК антигены, а именно gag protein и envelope (env) polyprotein. Аминокислотные последовательности данных антигенов (относительно данных референтной последовательности вируса NC_001463.1) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Аминокислотная последовательность иммунодоминантных антигенов

Антиген	Аминокислотная последовательность
gag protein	mvsldrdmarqvsggkrdypelekcikhackikvrlrgehltegnclwclktldymfedh-keepwtkvkfrtiwqkvknltpeesnkkdfmslqatlaglmccqmgmrpetlqdamatvimkdglle qeekkedkrekeesvfpivvqaaggrswkavdsvmfqqlqtvamqhglvsedferqlayyattwtskd ilevlammpgnraqkeliqgklneeaerwrrnnppppaggltvdqimgvgqtnqaaaqanmdqar qiclqwvinalravrhmahrpgnpmlvkqktnepyedfaarlleaidaepvtqpikdylkltlsytnasad cqkqmdrtlgqrvqqasveekmqacrdvgsegfkmqllaqalrpgkgkgngqpqrcyncgkpghqa rqcrqgiichncgkrghmqkecrgkrdirgkqqgngrrgirvvpsappme
envelope (env) polyprotein	mdagarymrltgkenwvevtmdgekerkregft-agqqgkyqpqvskqignrntnpcfaykgiflwrisltmwillginmcvsaedyitlisdpygfspiknvs gvpvtcvtkefakwgcqplgaypdpeieyrnvsqevvkevyqenwpwntyhwplwqmenvrywl kenmqenqqrknntkegieellagtirgrfcvpypfallkctkwcwytaainnesgkagkikincteara vsctedmplasiqraywdekdresmafmnikacdsnlrcqkrpggcmegypipvgaeiipesmkylr gaksqyggikdkngelklpltlrvwvklanvsevngtppdwqdringskgingtlwgelnsmhhlgfal sqngkwcnytgeiklgqetfqyhykpnwnctgnwtqypvwqvirnldmvehmtgecvqrpqrhnit vgngtitgncsttnwdgcncsrsgnylynsseggllllcrqnstltrilgtntnwttmwgiyknesgcenat ldntgegtlggvanknclslphknesnkwtcaprqrdgktdslyiaggkkfwtrikaqfscesnigqldgm lhqqillqkyqvikvraytygviempenyaktriinrkkrelshkrkkrgvglvimlvimaivaaagaslg vanaiqqsytkaavqtlanataaqqdvleatyamvqhvakgvrilearvarveaitdrimlyqeldcwhy hqycitstktevakyinwtrfkdnctwqqwerglqgydtnltillkesaamtqlaeeqarripevweslkd vfdwsgwfswlkyipiivvgllgciliravicvcqplvqiyrtlstptyqrvtvimetradvagenqdfgdg leesdnsetservtvqkawsrawelwqnspwkepwkrgllrllvlpltmgiwingwlgehhknkkrkg dcetwaked

В результате BLAST-анализа цельных антигенов gag protein и envelope (env) polyprotein установлено, что при анализе 100 наиболее гомологичных последовательностей уровень полиморфизма отобранных аминокислотных последовательностей у различных штаммов и изолятов вируса составляет от 81 и 58% соответственно, при анализе 1000 наиболее гомологичных последовательностей от 42 и 25%. Следует отметить, что специфичность обоих антигенов строго соответствует только лентивирусам мелкого рогатого скота. Также исследуемые аминокислотные последовательности были проанализированы на пептидном калькуляторе, для определения их физико-химических характеристик. По результатам пептидной калькуляции установлено, что молекулярная масса протеина gag, состоящего из 448 аминокислот - 50.7 кДа, коэффициент экстинкции 50070 $M^{-1}cm^{-1}$, изоэлектрическая точка достигается при pH = 9, при нейтральной pH суммарный заряд 14.9, протеин хорошо растворим в воде; молекулярная масса протеина *env* состоящего из 944 аминокислот - 107.86 кДа, коэффициент экстинкции 281930 $M^{-1}cm^{-1}$, изоэлектрическая точка достигается при pH = 8.34, при нейтральной pH суммарный заряд 19.3, протеин хорошо растворим в воде.

С использованием интернет-ресурса TMHMM 2.0 установлено отсутствие трансмембранных доменов у антигена gag protein. Антиген envelope (env) polyprotein включал четыре трансмембранных домена: первый, локализованный в области 90 а.а. не характеризовался переходом последовательности из одного положения в другое; второй и третий в позиции 633-655 а.а. и 804-826 а.а. инициировали переход аминокислотной последовательности с наружной локализации во внутреннюю и ограничивали последовательность «naiqqsytkaavqtlanataaqqdvleatyamvqhvakg vrilearvarveaitdrimlyqeldcwhyhqycitstkteva kyinwtrfkdnctwqqwerglqgydtnltillkesaamtql aeeqarripevweslkdvfdwsgwf», которая не может осуществлять лидирующую роль в формировании антител, т. к. локализована внутри вириона; третий и четвертый в позиции 804-826 а.а. и 906-925 а.а. осуществляли переход аминокислотной последовательности с внутренней локализации в наружную, также четвертый домен инициировал переход аминокислотной последовательности с наружной локализации во внутреннюю и ограничивали последовательность «hhknkkrkgdcetwaked» которая локализована внутри вириона. Таким образом аминокислотные последовательности с 1 по 632 а.а. и с 827 по 905 а.а. могут вносить больший вклад в формирование антител, и также, как и gag protein являются потенциальными маркерами для серологической индикации антител против ВАЭК. Сигнальных пептидов в исследуемых антигенах не выявлено, следовательно, в ходе сборки вириона клетками инфицированного организма данные антигены не выделяются во внеклеточную среду.

Для антигенов, синтезируемых в клетках эукариот так же важно иметь ввиду наличие в их аминокислотной последовательности сайтов гликозилирования. Результаты анализа показали, что gag protein обладает двумя потенциальными сайтами N-гликозилирования и 33 сайтами O -гликозилирования с низкой степенью вероятности исполнения. Антиген envelope (env) polyprotein напротив, оказался богат на сайты N-гликозилирования в совокупности количество сайтов гликозилирования и потенциальных сайтов составило 27, однако он не содержал достоверных сайтов O-гликозилирования.

Дальнейшим ключевым этапом исследования являлся детальный анализ иммуногенных эпитопов антигенов gag protein и envelope (env) polyprotein. Аналогично первичному исследованию иммуногенности белков ВАЭК, ход анализа был направлен на поиск иммуногенных эпитопов, но в отличии от первичного анализа работа была посвящена детальному анализу Т- и В-клеточного иммунного ответа, вовлеченности в иммунных ответ главного комплекса гистосовместимости (последний в обоих антигенах не выявлен), распределению иммуногенных эпитопов в последовательности антигена и степени их консервативности.

Анализ иммуногенных эпитопов антигена gag protein позволил выявить пять иммуногенных эпитопов два из которых дублировались. Так последовательности иммуногенных эпитопов были следующими: gnraqkeliqgklneeaerwrrnnppppa (1), kqktnepyedfaarlleaidae (2), kqqgngrrgirvvpsappme (3). Детальный анализ вида иммунного ответа позволил установить, что различными исследователями удалось получить на указанные иммуногенные эпитопы десять случаев Т-клеточного иммунного ответа и семь случаев В-клеточного иммунного ответа. При этом все три антигена участвовали в формировании В-клеточного иммунного ответа у коз и овцы, Т-клеточный иммунный ответ определён лишь относительно второго эпитопа у исследуемых коз. Второй эпитоп во всех реакциях характеризовался 100% консервативностью.

Анализ иммуногенных эпитопов антигена envelope (env) polyprotein позволил выявить 24 иммуногенных эпитопа, на которые охарактеризовано 49 случаев имунных ответов у коз и овец, характер иммунного ответа во всех случаях был В-клеточным. Последовательности иммуногенных эпитопов были следующими: qeldcwhyhqycits (1), ctwqqwerelqgyd (2),

dvleatyamvqhvak (3), eaitdrimlyqe (4), aktriinrrkrels (5), dmpqsyiqnqekykk (6), hqqillqkyqvikv (7), iempenyaktriin (8), kvraytygviempenyaktriinrkk (9), kvraytygvvdmpqsyiqnqekykk (10), kyqvikvraytygv (11), raytygviempeny (12), rrkrelshtrkkr (13), rvraytygvidlpqsyekinlkrrk (14), rvraytygviempknyekvslnrkk (15), ctwqqwerglqgyd (16), edyitlisdpygfspiknvsgvpvtcvtkefakw (17), efakwgcqplgaypdpeieyrnvsqevvkev (18), kesaamtqlaeeqarripevweslkdvfdwsgwfswlkyipiivvgllg (19), pipvgaeiipesmkylrgaksqyggikdkngelklpltl (20), vcqplvqiyrtlstptyqrvtvimetradvagenqdfgdgleesdns (21), empenyaktriinrkk (22), kvraytygvvempsnyeqkdrkkrd (23), rvraytygvidmpknyektnlnrkk (24).

В исходной последовательности антигена референтного штамма вируса (GenBank ID NC_001463.1), из-за множественного полиморфизма аминокислотного состава искомых иммуногенных эпитопов не удалось идентифицировать семь (6, 10, 13, 14, 15, 23 и 24), два имели единичные аминокислотные замены (16 и 22), восемь были частично идентичными (2, 3, 4, 12, 17, 19, 20 и 21), семь (1, 5, 7, 8, 9, 11 и 18) полностью идентичны аминокислотной последовательности референтного штамма вируса. Консервативность антигенов при этом составляла от 57 до 100%. Иммунный ответ так же был не однородным, так индекс иммунного ответа с доверительным интервалом 95% для эпитопа 17 составлял 0.67 (0.39:0.87), 18 – 0.17 (0.01:0.56), 20 – 1.00 (0.61:1.00), 7 – 1.00 (0.47:1.00), 11 – 0.50 (0.10:0.89), 9 – 1.00 (0.47:1.00), 10 – 1.00 (0.04:1.00), 14 – 0.17 (0.01:0.56), 24 – 0.50 (0.15:0.84), 12 – 1.00 (0.47:1.00), 8 – 1.00 (0.47:1.00), 22 – 0.00 (0.00:0.76), 5 – 1.00 (0.47:1.00), 13 – 1.00 (0.47:1.00), 3 – 0.57 (0.22:0.86),4 – 0.57 (0.22:0.86), 1 – 1.00 (0.65:1.00), 2 – 1.00 (0.04:1.00) и 0.50 (0.15:0.84), 19 – 1.00 (0.04:1.00), 21 – 1.00 (0.04:1.00). При этом индекс = 1 соответствует наличию иммунного ответа во всех случаях, индекс = 0 указывает на отсутствие иммунного ответа.

Так как исследование ориентировано на разработку способа выявления антител коз в ответ на инфицирование ВАЭК, то и целевым видом иммунного ответа является В-клеточный иммунный ответ. Соответственно все три иммуногенных эпитопа gag protein и все иммуногенные эпитопы envelope (env) polyprotein способствуют эффективному дизайну химерного антигена для выявления антител против ВАЭК. В результате анализа установлено, что gag protein не обладает ни трансмембранными доменами, ни сигнальными пептидами, ни сайтами гликозилирования, из значимых составляющих он содержал лишь три вышеуказанных иммуногенных эпитопа. Envelope (env) polyprotein напротив, характеризовался множеством иммуногенных эпитопов (как с внешней структурной организацией, так и с внутренней), сайтов N-гликозилирования и трансмембранными доменами, визуально это можно представить так «mdagarymrltgkenwvevtmdgekerkregftagqq gkyqpqvskqignrntnpcfaykgiflwrisltmwillgin mcvsa**edyitlisdpygfspikNVSgvpvtcvtkefak wgcqplgaypdpeieyrNVSqevvkev**yqenwpw ntyhwplwqmenvrywlkenmqenqqrk**NNT**kegi eellagtirgrfcvpypfallkctkwcwytaainnesgkagk ikiI**NCT**earavsctedmplasiqraywdekdresmafm nikacdsnlrcqkrpggcmegy**pipvgaeiipesmkylr gaksqyggikdkngelklpltl**rvwvkla**NVS**ewvng tppdwqdri**NGS**kgi**NGT**lwgelnsmhhlgfalsqn gkwc**NYT**geiklgqetfqyhykpnw**NCT**g**NWT**q ypvwqvirnldmvehmtgecvqrpqrh**NIT**vg**NGT** itg**NCS**ttnwdgcncsrsgnyly**NSS**egglllilcrq**NS T**ltrilgtntnwttmwgiykncsgce**NAT**ldntgegtlgg vank**NCS**lphknesnkwtcaprqrdgktdslyiaggkkf wtrikaqfscesnigqldgml**hqqillqkyqvikvrayty gviempenyaktriinrkkrels**hkrkkrgvglvimlvi maivaaagaslgva***naiqqsytkaavqtlanataaqq*****dvl eatyamvqhvak*****gvrilearvarv*****eaitdrimlyqeldc whyhqycits*****tktevakyiNWTrfkd*****NCT**wqqwer glqgyd***tnltillkesaamtqlaeeqarripevweslkdvfd wsgwf*****swlkyipiivvgllg**ciliravic**vcqplvqiyrtls tptyqrvtvimetradvagenqdfgdgleesdns**etser vtvqkawsrawelwqnspwkepwkrgllrllvlpltmgi wingwlge***hhknkkrkgdcetwaked***». В последовательности аминокислот белка строчное, полужирное буквенное обозначение означает иммуногенные эпитопы, курси-

вом обозначены аминокислоты, указывающие на внутреннюю структурную организацию, организованную наличием в последовательности аминокислот трансмембранных доменов, прописное буквенное обозначение аминокислот в полужирном шрифте указывает на наличие сайтов N-гликозилирования.

Для эффективного выявления искомых антител необходимо чтобы в конструируемом антигене присутствовали все или некоторые иммуногенные эпитопы с наружной структурной организацией, минимальной вариабельностью и по возможности наличием сайтов гликозилирования (при получении антигена путём рекомбинантного синтеза в эукариотической системе экспрессии), так же важно сведение к минимуму цистеинов, во избежание проблем с пространственной организацией белка. При выборе оптимального способа получения антигена необходимо ориентироваться на сложность получения исходного материала, выделения, очистки и идентификации антигена, а также экономические затраты на его получение. На сегодняшний день существует несколько подходов для получения антигенов, например, такие как выделение нативных антигенов, получение синтетических пептидов, рекомбинантный синтез антигенов. В настоящей работе был использован способ на основе рекомбинантного синтеза антигенов. Следует отметить, что ключевое значение в рекомбинантном синтезе имеет плазмидный вектор, несущий последовательность ДНК (и все необходимые регуляторные элементы) для синтеза антигена. При получении плазмидного вектора важно чтобы полученная нуклеотидная последовательность правильно совпала с открытой рамкой считывания и обладала всеми регуляторными элементами, так же желательно добавить с «С» конца молекулы последовательность лиганда для аффинной хроматографии, и постараться не использовать последовательности в гетерологичных системах экспрессии без кодонной оптимизации. Самым экономически обоснованным подходом является получение пептидов в прокариотических системах экспрессии, хотя эукариотические системы экспрессии так же не лишены актуальности.

В рамках представленной работы использованы пять последовательностей иммуногенных эпитопов – две из gag protein (1 и 2) и три из envelope (env) polyprotein (9, 20 и 21) к которым добавлены с «С» конца молекулы последовательность лиганда для аффинной хроматографии, а именно шесть аминокислот гистидина. В результате изменения полученная конструкция имела соответствующую аминокислотную последовательность: «mqktnepyedfaarlleaidaepipvgaeiipesmkylrg aksqgklneeaerwrrnnpppavraytygviempenya kvcqpl

vqiyrtlstptyqhhhhhh» со следующими физическими характеристиками: молекулярная масса 12036.29 g/mol, коэффициент экстинкции 14650 $M^{-1}cm^{-1}$, изоэлектрическая точка достигается при pH 6.73, суммарный заряд при pH 7 составил минус 0.5, протеин хорошо растворим в воде. Для получения реальной молекулы осуществляли перевод аминокислотной последовательности в нуклеотидную, с учётом кодонной оптимизации для продуцирования белка в *E. coli* и добавлением кодона для окончания синтеза. Конечная нуклеотидная последовательность для клонирования в экспрессирующий вектор pET28a(+), с разбивкой по триплетам была следующей «atg caa aag aca aac gag ccc tac gaa gat ttc gcc gcc cgt ttg ttg gaa gcc att gat gca gaa cct att ccc gtt ggt gcc gag atc atc cca gag tcc atg aag tac ttg cgt gga gca aag agt caa ggg aag tta aac gag gaa gca gaa cgc tgg cgt cgc aac aat ccg ccc cct cct gca gtc cgc gcg tac act tat ggg gtg att gag atg ccc gag aat tat gcc aag gtg tgt cag ccc ctg gta cag att tat cgt acc ctg agt aca cct acc tac caa cac cac cat cac cat cac taa». В результате конструирования длина созданной плазмиды для экспрессии нуклеотидной последовательности ВАЭК составила 5527 п.н.. Структура разработанной рекомбинантной плазмиды, представлена на рисунке 1.

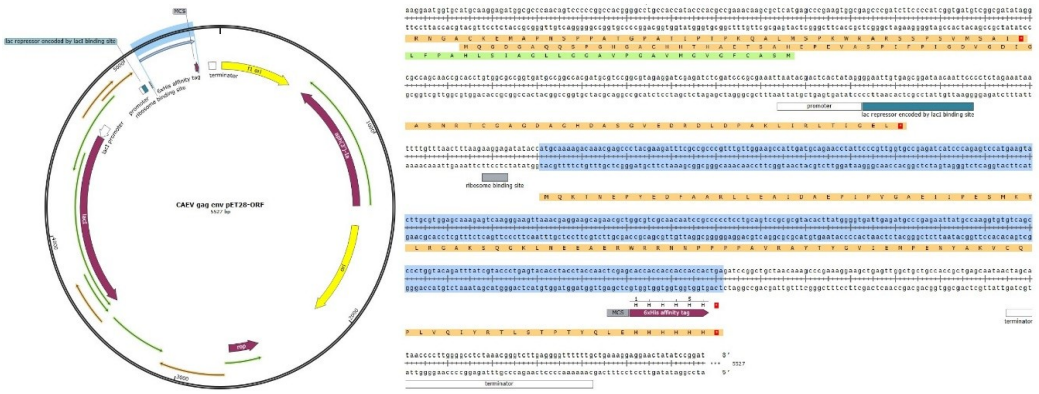


Рисунок 1 – Структура созданной рекомбинантной плазмиды.

Таблица 2 – Определение минимального титра антител к вирусу артрита-энцефалита коз при использовании способа ИФА на основе сконструированного антигена

Разведение	ОП сывороток крови коз M ± SD	ОП ОКО M ± SD	Коэффициент отношения значения оптической плотности образцов к ОКО
1:25	1,265±0,16	0,230±004	5,5
1:50	1,130±0,11	0,221±002	5,1
1:100	0,851±0,16	0,185±0,01	4,6
1:200	0,50±0,19	0,145±0,02	3,5
1:400	0,43±0,15	0,13±0,03	3,3
1:800	0,37±0,19	0,119±0,01	3,1
1:1600	0,18±0,14	0,078±0,02	2,4
1:3200	0,067±0,02	0,042±0,01	1,6

Таблица 3 – Оценка относительной чувствительности и специфичности способа ИФА на основе сконструированного мультиэпитопного антигена

Результаты набора «CAEV/MVV»	Результаты способа ИФА на основе сконструированного антигена		
	Положительные	Отрицательные	Всего
Положительные пробы	16/a	0/b	16/(a+b)
Отрицательные пробы	0/c	16/d	16/(c+d)
Всего проб	16	16	32
Примечания. a — истинно положительные результаты; b — ложноотрицательные результаты; c — ложноположительные результаты; d — истинно отрицательные результаты			

Далее осуществляли наработку разработанной плазмиды следующим образом. В начале провели трансформацию плазмиды в клетки *E. coli.* Затем выполнили селекцию трансформированных бактериальных клеток по гену устойчивости к канамицину. После получения продуктов экспрессии и трансляции проводили атмосферную аффинную хроматографическую очистку антигенов (с применением никель-сефарозы в качестве сорбента). Концентрация белка в препаратах антигена ВАЭК составила 5,0 мг/мл. Далее полученный препарат был применен в разведении 100 мкг/мл, в качестве антигена, при проведении непрямого твердофазного ИФА для индикации антител против вируса артрита-энцефалита коз. При данной концентрации антигена оптическая плотность (ОП) ПКО составила 0,93, ОКО – 0,25, а коэффициент отношения ОП отрицательного и контрольного образцов был равным 3,72 ед.

Для определения минимального титра противовирусных антител к ВАЭК было проанализировано 16 положительных сывороток крови крупного рогатого скота, в трех повторах. Положительный статус данных образцов был подтвержден ранее методами ИФА и ПЦР. При определении анализируемого показателя каждый образец был растворирован, начиная с 1:25 и заканчивая разведением 1:3200. Результаты анализа представлены в таблице 2.

В результате эксперимента установлено, что минимальный титр антител к ВАЭК, выявляемый в исследуемых сыворотках крови с помощью ИФА, составляет 1:1600. Критерием того, что исследуемый образец считался положительным, являлся коэффициент отношения значений ОП исследуемого образца к ОКО равное или больше 2,2.

С помощью представленного способа ИФА на основе мультиэпитопного антигена и коммерческого набора «CAEV/MVV» IDEXX (Франция) провели исследование 32 сывороток крови коз, которые характеризовались как образцы от больных ВАЭК коз (n=16) и от коз свободных от этого заболевания (n=16). Для оценки относительной специфичности и чувствительности проводили сравнение результатов, полученных с применением представленного в настоящей работе способа ИФА на основе сконструированного антигена и при использовании указанного выше коммерческого набора. Результаты исследования представлены в таблице 3.

Относительную чувствительность (Se) рассчитывали по формуле: $a/(a+b) \times 100\%$.

Относительную специфичность (Sp) определяли по формуле: $c/(c+d) \times 100\%$.

Таким образом, относительная чувствительность и специфичность способа ИФА на основе сконструированного антигена составила 100%.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате анализа иммуногенных эпитопов белков gag protein и envelope (env) polyprotein ВАЭК выполнен дизайн рекомбинантного мультиэпитопного антигена со следующей аминокислотной последовательностью «mqktnepyedfaarlleaidaepipvgaeiipesmkylrg aksqgklneeaerwrrnnpppravraytygviempenya kvcqp

lvqiyrtlstptyqhhhhhh». Разработанный антиген характеризовался оптимальными физико-химическими показателями (растворимость, коэффициент экстинкции, расчётные значения pH и изоэлектрической точки молекулы).

Сконструированная аминокислотная последовательность после перевода ее в нуклеотидную и оптимизации для продуцирования белка в *E. coli*, клонирована в состав экспрессирующей конструкции на основе вектора pET28a(+). В результате конструирования длина созданной плазмиды для экспрессии нуклеотидной последовательности ВАЭК составила 5527 п.н. Установлено, что рекомбинантный антиген ВАЭК может быть наработан в культурах бактериального штамма-продуцента и очищен методом аффинной хроматографии. По результатам исследо-

вания 32 пробы сывороток крови коз (16 – отрицательных, 16 – положительных) выявлено, что полученный антиген для индикации антител против ВАЭК специфически реагировал с сыворотками от инфицированных животных, минимальный титр антител к возбудителю, выявляемый в сыворотках крови составил 1:1600. Представленный в настоящей работе рекомбинантный мультиэпитопный антиген может найти широкое применение в качестве составляющего компонента при разработки диагностических тест-систем.

DESIGN AND PREPARATION OF A RECOMBINANT MULTIEPITOPE ANTIGEN FOR THE INDICATION OF ANTIBODIES AGAINST THE CAPRINE ARTHRITIS–ENCEPHALITIS VIRUS

Khammadov N.I. [1,2] – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0001-5669-1486), **Galeeva A.G.** [1,2] – Candidate of Veterinary Sciences, Senior researcher, head of the Lab of Viral Antropozoonoses (ORCID 0000-0003-2650-6459), **Gorbunova M.E.** [1]– Candidate of Biological Sciences, Researcher, (ORCID 0000-0002-0707-2117), **Salmanova G.R**. [1] – postgraduate student (ORCID 0000-0003-2356-133X), **Gromova E.A**. [1] – Candidate of Biological Sciences, Senior researcher (ORCID 0000-0002-0416-6193), **Khamidullina A.I.** [2]- 5th year student of the Faculty of Veterinary Medicine (ORCID 0000-0001-5593-2399), **Efimova M.A**.[1,2] – Doctor of Biological Sciences, leading researcher (ORCID: 0000-0001-8786-1310)

[1]FSBSI «Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety»

[2]FSBEI HE «Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman»

* nikhammadov@mail.ru

ABSTRACT

To date, the only effective means of combating goat arthritis-encephalitis viruses (CAEV) includes its early diagnosis and slaughter of all animals in dysfunctional and suspected farms, since specific preventive measures have not been developed. Among the widely available tools for diagnostic studies, PCR indication of the CAEV genome and the detection of specific antibodies of the virus can be distinguished, which directly depends on the serological activity and specificity of the antigens used in diagnostic kits. This work is devoted to the development of a recombinant antigen for serological indication of antibodies against CAEV. As a result of bioinformatic analysis, a search was performed for amino acid sequences of virus proteins, an analysis of immunogenic epitopes of these proteins, a search for N-, O-glycosylation sites, signal peptide sites and transmembrane domains. Based on the data obtained, a recombinant multiepitope antigen was designed with the following amino acid sequence "mqktnepyedfaarlleaidaepipvgaeiipesmkylrg aksqgklneeaerwrrnnppppavraytygviempenya kvcqplvqiyrtlstptyqhhhhhh». The constructed amino acid sequence, after converting it to a nucleotide one, taking into account the codon optimization of protein production in *Escherichia coli*, was cloned into an expression construct based on the pET28a(+) vector. As a result of the design, the length of the created plasmid for the expression of the nucleotide sequence of the CAEV was 5527 bp. The protein developed and purified by affinity chromatography, containing amino acid sequences of immunogenic epitopes of the CAEV antigens, confirmed its functionality in indirect solid-phase enzyme immunoassay using blood sera from goats with previously confirmed immune status to this virus. The recombinant multiepitope antigen presented in this paper can be widely used as an integral component in the development of diagnostic test systems.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Larruskain A., Jugo B. Retroviral infections in sheep and goats: small ruminant lentiviruses and host interaction. Viruses. 2013; 5(8):2043-2061.

2. Стрижаков А.А., Цыбанов С.Ж., Чичикин А.Ю., Юрков С.Г., Волкова И.Ю., Жигалева О.Н., Бурдинский В.Г., Живодёров С.П. Заболевание телят, ассоцииро-

ванное с вирусом артрита-энцефалита коз. Ветеринария. 2005; 8:21-22.
3. Коптев В.Ю., Шкиль Н.А., Балыбина Н.Ю., Пенькова И.Н. Выявление серопозитивных по артриту-энцефалиту коз на территории субъектов Российской Федерации. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022; 9 (215):60-65. doi 10.53083/1996-4277-2022-215-9-60-65.
4. Покровская Е.С., Шуралев Э.А., Мукминов М.Н., Елизарова И.А., Фаизов Т.Х. Антигенные кластеры трансмембранных и капсидных белков вируса артрита-энцефалита коз и их биоинформационный анализ. Ветеринарный врач. 2015; 6:6-22.
5. Громова Е.А., Миргазов Д.А., Додонова Е.А., Елизарова И.А., Горбунова М.Е., Осянин К.А. Разработка мультиплексной ПЦР-РВ тест-системы для выявления возбудителя бруцеллеза. Ветеринарный врач. 2024; 3:34-40. doi 10.33632/1998-698X_2024_3_34.
6. Анисимова Е.А., Фахрутдинов Н.А., Миргазов Д.А., Додонова Е.А., Елизарова И.А., Горбунова М.Е., Хаммадов Н.И., Зайнуллин Л.И., Осянин К.А. Дифференциация штаммов *Bacillus anthracis* на основе SNP- и VNTR-полиморфизма геномов. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022; 26(6):560-567. doi 10.18699/VJGB-22-68.
7. Ахмадеев Р.М., Арсланова А.Ф., Алеева З.З., Яруллина Г.М., Арутюнян Г.С. Эпизоотическая ситуация и профилактика бешенства животных в Республике Татарстан. Ветеринарный врач. 2021; 6:11-19. doi 10.33632/1998-698X.2021-6-11-20.
8. Галеева А.Г., Ефимова М.А., Закирова Е.Ю., Хаммадов Н.И. Хисамутдинов А.Г., Гарипов Л.Н., Мингалеев Д.Н., Равилов Р.Х. Оптимизация протокола сборки рекомбинантных аденоассоциированных вирусов 2 серотипа для доставки генов вируса африканской чумы свиней в клетки млекопитающих. Международный вестник ветеринарии. 2024; 1:22-31. doi 10.52419/issn2072-2419.2024.1.22.
9. Сафина Р.Ф., Сальманова Г.Р., Усольцев К.В., Хаммадов Н.И., Фаизов Т.Х Встречаемость ретровирусов животных в районах Республики Татарстан. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022; 249(1):183-188. doi 10.31588/2413_4201_1883_1_249_183.
10. Коптев В.Ю., Шкиль Н.А., Балыбина Н.Ю., Пенькова И.Н. Клинические признаки и патоморфологические изменения при артрите-энцефалите коз. Ветеринария сегодня. 2023; 12(2):126-132. doi 10.29326/2304-196X-2023-12-2-126-132.
11. Пенькова, И.Н., Балыбина Н.Ю., Коптев В.Ю. Выявление серопозитивных по артриту-энцефалиту коз животных на территории Сибирского федерального округа. Аграрная наука - сельскому хозяйству : Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах, Барнаул, 09–10 февраля 2022 года. Том Книга 2. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2022; 202-203.
12. Горбунова М.Е., Усольцев К.В., Шангараев Р.И., Громова Е.А., Хаертынов К.С., Галеева А.Г. Очистка антигенов вируса лейкоза крупного рогатого скота методом ультрацентрифугирования. Ветеринарный врач. 2024; 2:43-48. doi 10.33632/1998-698X_2024_2_43.
13. Шустов А.В., Ескендирова С.З., Манат Е., Унышева Г.Б., Сарина Н.И. Получение рекомбинантного антигена бруцелл -Cu/Zn-зависимой супероксиддисмутазы (SOD). Биотехнология. Теория и практика. 2013; 3:65-70.
14. Ausubel F.M., Brent R., Kingston R.E., Moore D.D., Seidman J.G., Smith J.A., Struhl K. Current Protocols in Molecular Biologyhttps [Electronic resource]. Avaliable at: //hoclai.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/09/current-protocols-in-molecular-biology.pdf (дата обращения 05.08.2024).
15. Лукманова Г.Р. Индикация вируса артрита-энцефалита коз в ПЦР-РВ и поиск генетических маркеров. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020; 242(2):97-101. doi 10.31588/2413-4201-1883-242-2-97-101.

REFERENCES

1. Larruskain A., Jugo B. Retroviral infections in sheep and goats: small ruminant lentiviruses and host interaction. Viruses. 2013; 5(8):2043-2061.
2. Strizhakov A.A., Tsybanov S.Zh., Chichikin A.Yu., Yurkov S.G., Volkova I.Yu., Zhigaleva O.N., Burdinskyi V.G., Zhivoderov S.P. The disease of calves associated with virus of arthritis and encephalitis of goats. Veterinary medicine. 2005; 8:21-22. (In Russ.)
3. Koptev V.Yu., Schkiel N.A., Balybina N.Yu., Penkova I.N. Identification of seropositive caprine arthritis-encephalitis goats in the territorial entities of the Russian Federation. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2022; 9(215):60-65. 4. Pokrovskaya E.S., Shuralev E.A., Mukminov M.N., Elizarova I.A., Faizov T.Kh. Antigenic clusters of transmembrane and capsid proteins of caprine arthritis encephalitis virus and their bioinformatic analysis. The Veterinarian. 2015; 6:6-22. (In Russ.)
5. Gromova E.A., Mirkhazov D.A., Dodonova E.A., Elizarova I.A., Gorbunova M.E., Osyanin K.A. Development of a multiplex RT-PCR test system for detecting the causative agent of brucellosis. The Veterinarian. 2024; 3:34-40.
6. Anisimova E.A., Fakhrutdinov N.A., Mirgazov D.A., Dodonova E.A., Elizarova I.A., Gorbunova M.E., Khammadov N.I., Zainullin L.I., Osyanin K.A. *Bacillus anthracis* strain differentiation based on SNP and VNTR loci. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii=Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022;26(6):560-567. doi 10.18699/VJGB-22-68. (In Russ.)
7. Akhmadeev R.M., Arslanova A.F., Aleeva Z.Z., Yarullina G.M., Arutyunyan G.S. Epizootic situation and prevention of animal rabies in the Republic of Tatarstan. The Veterinarian. 2021; 6:11-19.
8. Galeeva A.G., Efimova M.A., Zakirova E.Yu., Khammadov N.I., Khisamutdinov A.G., Garipov L.N., Mingaleev D.N., Ravilov R.H. Optimization of the protocol for the assembly of recombinant adenoas-sociated serotype 2 viruses for the delivery of african swine fever virus genes into mammalian cells. International bulletin of Veterinary Medicine. 2024; 1:22-31. doi 10.52419/issn2072-2419.2024.1.22. (In Russ.)
9. Safina R.F., Salmanova G.R., Usoltsev K.V., Khammadov N.I., Faizov T.Kh. Incidence of animal retroviruses in areas of the Republic of Tatarstan. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2022; 249(1):183-188. doi 10.31588/2413_4201_1883_1_249_183. (In Russ.)
10. Koptev V.Yu., Shkil N.A., Balybina N.Yu., Penkova I.N. Clinical signs of caprine arthritis-encephalitis and disease-related pathomorphological changes. Veterinary science today. 2023; 12(2):126-132.
11. Penkova, I.N., Balybina N.Yu., Koptev V.Yu. Identification of seropositive for arthritis-encephalitis of goat animals on the territory of the Siberian Federal District. Agrarian science - agriculture : A collection of materials of the XVII International Scientific and Practical Conference. In 2 books, Barnaul, February 09-10, 2022. Volume 2. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2022; 202-203. (In Russ.)
12. Gorbunova M.E., Usoltsev K.V., Shangaraev R.I., Gromova E.A., Khaertynov K.S., Galeeva A.G. Purification of bovine leukemia virus antigens by ultracentrifugation. The Veterinarian. 2024; 2:43-48. doi 10.33632/1998-698X_2024_2_43. (In Russ.)
13. Shustov A.V., Eskendirova S.Z., Manat E., Unysheva G.B., Sarina N.I. Preparation of recombinant brucella-Cu/Zn-dependent superoxide dismutase (SOD) antigen. Biotechnology. Theory and practice. 2013; 3:65-70. (In Russ.)
14. Ausubel F.M., Brent R., Kingston R.E., Moore D.D., Seidman J.G., Smith J.A., Struhl K. Current Protocols in Molecular Biologyhttps [Electronic resource]. Avaliable at: //hoclai.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/09/current-protocols-in-molecular-biology.pdf (accessed 05.08.2024)
15. Lukmanova G.R. Indication of the goat arthritis-encephalitis virus in PCR-RV and search for genetic markers. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2020; 242(2):97-101.

УДК: 591.111.7:636.5.034:615.33
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.38

ПСЕВДОЭОЗИНОФИЛЬНЫЙ ФАГОЦИТОЗ КРОВИ ЦЫПЛЯТ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗНЫХ ДОЗ ЭНРОФЛОКСАЦИНА В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО САЛЬМОНЕЛЛЕЗА

Присный А.А.* – д-р биол. наук, гл. науч. сотр. Белгородского филиала ВИЭВ (ORCID 0000-0001-5229-4576); **Горбанёва А.С.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Кравцова А.Р.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0009-0009-9768-953X); **Степанова Т.В.** – ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9092-8045)

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

*andreyprisny@gmail.com

Ключевые слова: *цыплята, кровь, псевдоэозинофилы, фагоцитоз, энрофлоксацин*.

Key words: *chicks, blood, pseudoeosinophils, phagocytosis, enrofloxacin*.

Поступила: 31.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Целью исследования было изучение влияния разных доз энрофлоксацина на показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов крови цыплят в условиях экспериментального сальмонеллеза. Изучено влияние выпаивания энрофлоксацина в дозах 200 мг/л и 100 мг/л на показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов в крови цыплят. Энрофлоксацин – антибактериальный препарат группы фторхинолонов, применяемый в ветеринарии. Использование указанного лекарственного средства наиболее широко представлено в птицеводстве, вследствие его отличных фармакодинамических и противомикробных свойств. Целью работы является изучение влияния энрофлоксацина на показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов в условиях экспериментального сальмонеллеза, вызванного культурой *Salmonella infantis*. В исследовании было задействовано четыре группы, состоящие из цыплят суточного возраста кросса Хайсекс Браун. Цыплята группы I (интактный контроль) получали чистую воду, в то время как в группах III и IV производили выпаивание энрофлоксацина на протяжении 5 суток с водой в дозах 200 мг/л и 100 мг/л соответственно. Отбор крови осуществляли на вторые, четвертые, шестые, восьмые и десятые сутки после отмены препарата. Исследовали фагоцитарную активность, фагоцитарное число, фагоцитарный индекс и фагоцитарную емкость песевдоэозинофилов после совместной инкубации на протяжении 30 и 120 минут с культурой *Staphylococcus aureus*. Влияние энрофлоксацина в дозе 200 мг/л проявилось в кратковременном повышении фагоцитарной активности, фагоцитарного индекса и фагоцитарной емкости псевдоэозинофилов после 30-минутной

экспозиции. Наиболее существенные изменения фагоцитарной активности, фагоцитарного индекса и фагоцитарной емкости псевдоэозинофилов выявлены в экспериментально зараженных группах, получавших энрофлоксацин в дозе 100 мг/л, а также чистую воду. Все зарегистрированные изменения являлись непродолжительными.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Современное птицеводство характеризуется активным применением антимикробных препаратов для терапии и профилактики инфекционных заболеваний [1]. Фторхинолоны зарекомендовали себя как эффективные средства широкого спектра действия, которые успешно применяются в птицеводстве [2]. Однако, следует учитывать возможное влияние фармакологических агентов на естественные защитные силы организма. Одним из ключевых элементов неспецифической иммунной защиты организма является фагоцитоз. Самыми многочисленными клетками, проявляющими высокую степень фагоцитарной активности, являются полиморфноядерные лейкоциты (ПМЯЛ). ПМЯЛ характеризуются высокой скоростью и интенсивностью развития неспецифических иммунных реакций [3]. Псевдоэозинофилы – особые ПМЯЛ, которые характерны для системы крови птиц. Способность к осуществлению амебоидного движения позволяет псевдоэозинофилам проникать через эндотелий кровеносных капилляров, перемещаясь, таким образом, к месту расположения патогенов. Процесс фагоцитоза запускается вследствие контакта с микробами, а также с лизирующимися собственными клетками [4]. Воздействие антимикробных препаратов на ПМЯЛ и течение процесса фагоцитоза у птиц малоизучено [5]. Такие исследования проводят, обычно, на млекопитающих, при этом полученные результаты очень неоднозначны. Известные исследования свидетельствуют о том, что фторхинолоны способны проникать и аккумулироваться в фагоцитах [6, 7]. Высокие концентрации препаратов, накапливающиеся внутри клеток, приводят к изменению метаболизма и функциональной активности [8].

В связи с вышесказанным, целью исследования было изучение влияния разных доз энрофлоксацина на показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов крови цыплят в условиях экспериментального сальмонеллеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для достижения поставленной цели исследования были сформированы четыре группы, состоящие из цыплят кросса «Хайсекс Браун» суточного возраста. Все экспериментальные цыплята получали рацион, сбалансированный по основным питательным и биологически активным веществам. Группа I (интактный контроль) получала обычную питьевую воду, группам III и IV производили выпаивание энрофлоксацина соответственно в дозе 200 мг/л и 100 мг/л на протяжении пяти суток. На вторые сутки после начала выпаивания энрофлоксацина осуществили внутрибрюшинное заражение цыплят групп II, III и IV культурой *Salmonella infantis* в дозе 30 млн КОЕ на голову. Отбор крови методом внутрисердечной пункции осуществляли на вторые, четвертые, пятые, восьмые и десятые сутки после отмены препарата. Влияние энрофлоксацина на фагоцитарную реакцию исследовали *in vitro* с применением культуры *Staphylococcus aureus*. В лунки планшета вносили по 0,02 мл гепаринизированной крови и бактериальной суспензии. Планшеты с полученной взвесью помещали в термостат при температуре 40°С. Спустя 30 и 120 минут осуществляли приготовление мазка с высушиванием на воздухе, фиксацией спиртом и окрашиванием по Романовскому-Гимзе. На мазках подсчитывали псевдоэозинофилы с поглощенными объектами фагоцитоза и число микробных тел, поглощенных одним фагоцитом. На основе полученных результатов рассчитывали фагоцитарные индексы [9, 10, 11]:

1) фагоцитарная активность псевдоэозинофилов (ФА) – характеризуется количеством клеток, вступивших в фагоцитоз

$$ФА = \frac{\text{Число фагоцитирующих клеток}}{\text{Общее число учтенных фагоцитов (100)}} \times 100$$

2) фагоцитарный индекс (ФИ) – число фагоцитированных микробных клеток в пересчете на один учтенный фагоцит, определяется делением общего количества фагоцитированных микробных тел на количество учтенных фагоцитов; 3) фагоцитарное число (ФЧ) – отражает интенсивность реакции фагоцитоза, определяют путем деления общего количества поглощенных бактерий на число активных псевдоэозинофилов; 4) фагоцитарная емкость (ФЕ) – число активных псевдоэозинофилов в 1 мкл крови.

Обработка цифрового материала проведена с использованием программного обеспечения SPSS Statistic 17.0, статистическую значимость полученных результатов оценивали при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследование фагоцитоза при действии энрофлоксацина в условиях экспериментального сальмонеллеза показало существенные изменения в опытных группах. Фагоцитарная активность псевдоэозинофилов достоверно увеличивалась во вторые сутки опыта в группах III и IV на 26 % и 30 % соответственно (табл. 1).

На четвертые сутки происходил рост в группах II, III и IV на 21 %, 30 % и 32 % соответственно (табл. 1). Дальнейшее увеличение показателя установлено только на шестые сутки во II (10 %) и IV (26 %) группах. При этом следует отметить, что повышение фагоцитарной активности после 120-минутной инкубации выявлено только на восьмые сутки в группе II (больше на 13 %), а также на десятые сутки в группах II и IV на 11 % и 10 % соответственно (табл. 2).

Таблица 1 – Показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов цыплят после 30-минутной экспозиции

Группа	Сутки	ФА, %	ФИ, у.е.	ФЧ, у.е.	ФЕ, $10^9 \cdot л^{-1}$
I	2	23,8±1,47	0,56±0,05	2,35±0,11	3,07±0,31
	4	19,3±1,23	0,43±0,03	2,20±0,07	2,09±0,19
	6	30,5±0,85	0,72±0,02	2,36±0,09	3,43±0,23
	8	37,3±1,38	0,83±0,06	2,23±0,12	4,02±0,47
	10	39,2±1,64	0,95±0,04	2,43±0,09	4,66±0,46
II	2	27,3±1,36	0,63±0,02	2,33±0,11	5,09±0,23**
	4	24,5±1,33*	0,53±0,06	2,14±0,13	3,89±0,39**
	6	37,0±1,31**	0,82±0,02**	2,24±0,12	5,73±0,31**
	8	38,5±1,23	0,91±0,04	2,36±0,06	6,76±0,36**
	10	38,8±1,08	1,01±0,06	2,59±0,13	6,73±0,37
III	2	30,2±2,33*	0,67±0,03	2,31±0,25	5,38±0,59**
	4	28,7±1,26**	0,54±0,02**	1,89±0,11*	3,93±0,12**
	6	32,0±1,26	0,71±0,04	2,21±0,07	4,69±0,21**
	8	40,0±2,08	0,96±0,06	2,39±0,07	6,48±0,48**
	10	38,0±1,46	0,87±0,08	2,29±0,17	5,19±0,28
IV	2	32,2±2,82*	0,77±0,08*	2,39±0,11	6,06±0,69**
	4	27,8±2,06**	0,68±0,03*	2,47±0,12	3,82±0,24**
	6	41,5±1,78**	0,98±0,08**	2,36±0,13	6,55±0,38**
	8	39,3±1,93	0,93±0,06	2,36±0,09	7,02±0,49**
	10	39,7±2,33	1,08±0,09	2,72±0,14	6,03±0,42

*Примечание: ФА – фагоцитарная активность, ФИ – фагоцитарный индекс, ФЧ – фагоцитарное число, ФЕ – фагоцитарная емкость; ** – статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U-критерию Манна-Уитни при $p<0,01$; * – статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U-критерию Манна-Уитни при $p<0,05$.*

После 30-минутной экспозиции зафиксировано увеличение фагоцитарного индекса на вторые, четвертые и шестые сутки в группе IV на 27 %, 26 % и 36 % соответственно, кроме того на четвертые сутки в группе III показатель был выше контрольных значений на 23 %, а на шестые сутки в группе II отмечена статистически значимая разница, составляющая 12 % (табл. 1).

Маловыраженные изменения фагоцитарного индекса выявлены после 120-минутной инкубации – достоверные отличия зафиксированы на четвертые и шестые сутки в группе IV (выше на 28 % и 26 %) и на четвертые и десятые сутки в группе II, что больше контрольных значений на 14 % и 15 % соответственно (табл. 2).

Продолжительный сдвиг значений фагоцитарной емкости крови выявлен после 30-минутной экспозиции. Статистически значимый рост установлен во всех опытных группах на протяжении почти всего исследования (табл. 1). Так, на вторые сутки в группах II, III и IV обнаружена разница в 43 %, 49 % и 39 % относительно контроля, а на шестые – 36 %, 47 % и 40 % соответственно. Повышение фагоцитарной емкости зарегистрировано и на восьмые сутки, что в группах II, III и IV составило 38 %, 42 % и 40 % соответственно. На десятые сутки после отмены препарата изменений показателя в опытных группах не зафиксировано. Похожие результаты получены после 120-минутной экспозиции (табл. 2); уже к четвертым суткам увеличение фагоцитарной емкости произошло в группах II, III и IV на 27%, 25 % и 36 % соответственно. Рост фагоцитарной емкости крови во всех опытных группах отмечен и на восьмые сутки, но к десятым суткам исследования, разница в 30 % и 38 % зарегистрирована только в группах II и IV.

Таблица 2 – Показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов крови цыплят после 120-минутной экспозиции

Группа	Сутки	ФА, %	ФИ, у.е.	ФЧ, у.е.	ФЕ, $10^9 \cdot л^{-1}$
I	2	33,3±3,28	0,95±0,06	2,92±0,17	4,34±0,65
	4	36,5±1,48	0,86±0,03	2,39±0,13	3,94±0,29
	6	39,5±2,04	1,05±0,06	2,67±0,14	4,44±0,35
	8	43,0±1,51	1,17±0,12	2,70±0,19	4,58±0,47
	10	41,8±1,01	1,29±0,07	3,08±0,15	5,01±0,51
II	2	32,3±2,96	0,74±0,08	2,27±0,13*	6,04±0,59
	4	39,0±0,77	1,01±0,04**	2,59±0,08	6,17±0,42**
	6	43,3±1,23	1,21±0,07	2,79±0,15	6,74±4,11**
	8	49,7±1,78*	1,34±0,07	2,69±0,08	8,71±0,44**
	10	47,0±0,93**	1,53±0,08*	3,25±0,12	8,13±0,36**
III	2	25,2±2,04	0,67±0,08	2,66±0,18	4,53±0,54
	4	39,0±2,22	0,93±0,14	2,34±0,21	5,35±0,27**
	6	42,5±1,23	1,25±0,08	2,93±0,13	6,29±0,44**
	8	46,5±0,88	1,27±0,06	2,74±0,09	7,51±0,09*
	10	44,3±2,35	1,33±0,07	3,00±0,11	6,06±0,39
IV	2	31,2±2,27	0,81±0,09	2,58±0,09	5,95±0,71
	4	38,0±0,89	1,12±0,07*	2,94±0,16	5,25±0,26**
	6	44,8±2,36	1,42±0,09**	3,17±0,09*	7,00±0,15**
	8	45,8±0,79	1,16±0,08	2,53±0,14	8,17±0,39
	10	46,8±0,83**	1,46±0,07	3,11±0,13	7,16±0,44*

*Примечание: ФА – фагоцитарная активность, ФИ – фагоцитарный индекс, ФЧ – фагоцитарное число, ФЕ – фагоцитарная емкость;** – статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U-*

*критерию Манна-Уитни при p<0,01; * – статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U-критерию Манна-Уитни при p<0,05.*

Незначительной оказалась динамика значений фагоцитарного числа псевдоэозинофилов как после 30-минутной, так и 120-минутной экспозиции.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Использование энрофлоксацина в дозе 200 мг/л оказало небольшое влияние на протекание фагоцитоза, что проявилось в кратковременном повышении фагоцитарной активности, фагоцитарного индекса и фагоцитарной емкости псевдоэозинофилов после 30-минутной экспозиции, при этом регистрируемые изменения происходили, преимущественно, только в начале исследования. После 120-минутной экспозиции обнаружено малозначимое увеличение фагоцитарной емкости. Наиболее выраженные и длительные изменения фагоцитарной активности, фагоцитарного индекса и фагоцитарной емкости псевдоэозинофилов выявлены в экспериментально зараженных группах, получавших энрофлоксацин в дозе 100 мг/л, а также чистую воду. При этом, вероятно, что использование концентрации 100 мг/л малоэффективно и не способствует в полной мере подавлению действия патогенных агентов.

PSEUDOEOSINOPHILIC PHAGOCYTOSIS OF CHICKEN BLOOD UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES OF ENROFLOXACIN IN EXPERIMENTAL SALMONELLOSIS

Prisnyi A.A.* – Dr. Biol. Sci., Principal Researcher FGBNU "Federal Scientific Centre VIEV" (ORCID 0000-0001-9380-4136); **Gorbaneva A.S. –** Junior Researcher (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Kravtsova A.R.**, Junior Researcher (ORCID 0009-0009-9768-953X); **Stepanova T.V.** – Senior Researcher (ORCID 0000-0001-9092-8045)

FGBNU "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"

*andreyprisny@gmail.com

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate the effect of different doses of enrofloxacin on the indices of phagocytosis of pseudoeosinophils in the blood of chickens under conditions of experimental salmonellosis. The effect of enrofloxacin in doses of 200 mg/l and 100 mg/l on the phagocytosis of pseudoeosinophils in the blood of chickens was studied. Enrofloxacin is an antibacterial drug of the fluoroquinolone group used in veterinary medicine. The use of this medicinal product is most widely represented in poultry farming, due to its excellent pharmacodynamic and antimicrobial properties. The aim of this work is to study the effect of enrofloxacin on pseudoeosinophil phagocytosis in experimental salmonellosis caused by *Salmonella infantis* culture. The study involved four groups consisting of day-old chicks of the Haysex Brown cross. Chickens of group I (intact control) received pure water, while in groups III and IV, enrofloxacin was drunk for 5 days with water at doses of 200 mg/l and 100 mg/l, respectively. Blood sampling was performed on the second, fourth, sixth, eighth and tenth days after drug withdrawal. Phagocytic activity, phagocytic number, phagocytic index, and phagocytic capacity of pseudoeosinophils were studied after co-incubation for 30 and 120 minutes with Staphylococcus aureus culture. The effect of enrofloxacin at a dose of 200 mg/l was manifested in a short-term increase in phagocytic activity, phagocytic index, and phagocytic capacity of pseudoeosinophils after 30 minutes of exposure. The most significant changes in phagocytic activity, phagocytic index, and phagocytic capacity of pseudoeosinophils were detected in experimentally infected groups receiving enrofloxacin at a dose of 100 mg/l, as well as pure water. All registered changes were short-lived.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Huyghebaert, G. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers / G. Huyghebaert, R. Ducatelle, F. Immerseal // The Veterinary Journal. – 2011. – Vol. 187 – P. 182-188.
2. Zhu, D. Prevalence of fluoroquinolone resistance and mutations in the gyr A, par C and par E genes of *Riemerella anatipigtifer* isolated from ducks in China / D. Zhu, M. Zheng, J. Xu, M. Wang, R. Jia // BMC Microbial. – 2019. – Vol. 19. – P. 274-278.
3. Игнатов, П.Е. Иммунитет и инфекция. Возможность управления / П.Е. Игнатов. – М: Время, 2002. – 352 с.
4. Гудин, В.А. Физиология и этология сельскохозяйственных птиц / В.А. Гудин, В.Ф. Лысов, В.И. Максимов. – СПб: Лань, 2010. – 336 с.
5. Присный, А.А. Фагоцитарные индексы псевдоэозинофилов крови цыплят при применении ципрофлоксацина и энрофлоксацина / А.А. Присный, В.Н. Скворцов, А.С. Горбанёва, А.Д. Мазур, Т.В. Степанова // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 4. – С. 138-143.
6. Михайлов, В.В. Антимикробная активность комплексного препарата ципровентор / В.В. Михайлов, И.В. Ульянов, Д.Н. Филимонов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – № 4. – С. 116-120.
7. Соболев, В.П. Современные возможности выбора препаратов для этиотропной терапии / В.П. Соболев, Е.И. Петрова // Медицинский совет. – 2017. – № 8. – С. 124-129.
8. Никитин, А.В. Методические подходы к изучению действия антибиотиков на иммунную систему / А.В. Никитин // Антибиотики и химиотерапия. – 1990. – Т. 35. – № 8. – С. 45-48.
9. Кудрявцев, А.А. Клиническая гематология животных / А.А. Кудрявцев, Л.А. Кудрявцева. – М.: Колос, 1974. – 339 с.
10. Оценка естественной резистентности сельскохозяйственных животных: метод. рекомендации / Россельхозакадемия, Сиб. отделение, ГНУ ИЭВСиДВ, ГНУ ВИЭВ, ФГОУ НРИПК АПК МСХ РФ, НГАУ. – Новосибирск, 2003. – 32 с.
11. Кисленко, В.Н. Практикум по ветеринарной микробиологии и иммунологии / В.Н. Кисленко. – М.: КолосС, 2005. – 232 с.
12. Forsgren, A. Effect of ciprofloxacin on phagocytosis / A. Forsgren, P. Bergkvist // European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases. – 1985. – Vol. 4 (6). – P. 575-578. – DOI 10.1007/BF02013398. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2936604/

REFERENCES

1. Huyghebaert, G. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers / G. Huyghebaert, R. Ducatelle, F. Immerseal // The Veterinary Journal. – 2011. – Vol. 187 – P. 182-188.
2. Zhu, D. Prevalence of fluoroquinolone resistance and mutations in the gyr A, par C and par E genes of *Riemerella anatipigtifer* isolated from ducks in China / D. Zhu, M. Zheng, J. Xu, M. Wang, R. Jia // BMC Microbial. – 2019. – Vol. 19. – P. 274-278.
3. Ignatov, P.E. Immunity and infection. The possibility of management / P.E. Ignatov. – Moscow: Vremya, 2002. – 352 p. (In Russ.)
4. Gudin, V.A. Physiology and ethology of farm birds / V.A. Gudin, V.F. Lysov, V.I. Maksimov. – St. Petersburg: Lan, 2010. – 336 p. (In Russ.)
5. Prisnyi, A.A. Phagocytic indices of blood pseudoeosinophils with the use of ciprofloxacin and enrofloxacin / A.A. Prisnyi, V.N. Skvortsov, A.S. Gorbaneva, A.D. Mazur, T.V. Stepanova // International bulletin of Veterinary Medicine. – 2024. – Vol. 4. – P. 138-143. (In Russ.)
6. Mikhailov, V.V. Antimicrobial activity of the complex drug ciproventor / V.V. Mikhailov, I.V. Ulyanov, D.N. Filimonov // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2014. – № 4. – P. 116-120. (In Russ.)
7. Sobolev, V.P. Modern possibilities of choosing drugs for etiotropic therapy / V.P. Sobolev, E.I. Petrova // Medical Council. – 2017. – № 8. – P. 124-129. (In Russ.)
8. Nikitin, A.V. Methodological approaches to the study of the effect of antibiotics on the immune system / A.V. Nikitin // Antibiotics and chemotherapy. – 1990. – Vol. 35. – № 8.

– P. 45-48. (In Russ.)
9. Kudryavtsev, A.A. Clinical hematology of animals / A.A. Kudryavtsev, L.A. Kudryavtseva. – M.: Kolos, 1974. – 339 p. (In Russ.)
10. Assessment of the natural resistance of farm animals: a methodological recommendations / Russian Agricultural Academy, Siberian Branch, GNU IEVSiDV, GNU RES, FGOU NRIPK Agroindustrial Complex of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, NGAU. – Novosibirsk, 2003. – 32 p. (In Russ.)
11. Kislenko, V.N. Practicum on veterinary microbiology and immunology / V.N. Kislenko. – M.: KolosS, 2005. – 232 p. (In Russ.)
12. Forsgren, A. Effect of ciprofloxacin on phagocytosis / A. Forsgren, P. Bergkvist // European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases. – 1985. – Vol. 4 (6). – P. 575-578. – DOI 10.1007/BF02013398. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2936604/

УДК: 615.33:619:636.5.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.45

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОКСИФЛОКСАЦИНА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КОЛИБАКТЕРИОЗЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Юрин Д.В.* – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9380-4136); **Скворцов В.Н.** – д-р ветеринар. наук, руководитель Белгородского филиала ВИЭВ (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Мазур А.Д.** – млад. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1340-8024); **Лаишевцев А.И.** – канд. биол. наук, зав. лабораторией (ORCID 0000-0002-5050-2274)

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

*bes512@yandex.ru

***Ключевые слова*:** *лабораторные животные, экспериментальное заражение, колибактериоз, моксифлоксацин, фторхинолоны.*

Key words: *laboratory animals, experimental infection, colibacillosis, moxifloxacin, fluoroquinolones.*

Поступила: 29.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Выделенные от животных штаммы *Escherichia coli* являются комменсальными микроорганизмами, при этом некоторые серотипы способны вызывать патологию у животных. По этой причине разработка новых методов борьбы с колибактериозом остается актуальной. Целью данной работы было определение эффективности моксифлоксацина при лечении экспериментально зараженных кишечной палочкой белых мышей. Препарат вводили лабораторным животным внутрибрюшинно в дозе 20 мг/кг массы тела один и два раза в день в течение одних, трех, пяти, семи и десяти суток. Установлено, что даже однократное введение моксифлоксацина показывает результаты, достоверно превышающие таковые в контрольной группе. Выявлена зависимость увеличения эффективности назначения препарата от длительности курса лечения и кратности его введения в первые три для лечения. При однодневном курсе применения моксифлоксацина он слабоактивен (однократное введение) и активен при его назначении два раза в сутки. При трехдневном курсе лечения препарат можно считать активным при обоих способах назначения, но его эффективность и показатели выживаемости мышей при двукратном введении достоверно выше. Максимальная эффективность получена при назначении моксифлоксацина в течение 5, 7 и 10 дней (активен и высокоактивен). Однако статистическая обработка результатов показала, что, начиная с пятого по десятый день лечения кратность введения препарата не имеет решающего значения на эффективность его применения. Отличия между соответствующими группами были минимальны и статистически недостоверны. Исследование наглядно показало, что разработка эффективных схем применения моксифлоксацина для борьбы с колибактериозом требует изучения параметров его фар-

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Возбудитель колибактериоза животных – *Escherichia coli* является естественным представителем микробиоты желудочно-кишечного тракта позвоночных животных [1]. Это грамотрицательная палочка, относящаяся к семейству *Enterobacteriaceae*. Данный микроорганизм включает отдельные серотипы на основе определения соматических (О) и жгутиковых (Н) антигенов. На данный момент зарегистрировано около 186 «О» и 53 «Н» типов антигенов соответственно [2]. Хотя этот микроорганизм относят к комменсалам, известно, что некоторые серотипы способны вызывать гастроэнтериты, инфекции мочевыводящих путей и дыхательных путей, неонатальный менингит и многие другие заболевания животных [3; 4].

Меры борьбы с данными заболеваниями, прежде всего, направлены на их профилактику, но они не всегда бывают эффективны и достаточны. В этом случае ветеринарным специалистам приходится прибегать к использованию антимикробной терапии. Выбор подходящих антимикробных препаратов к настоящему времени весьма широк, однако особое место среди них занимают лекарственные средства из группы фторхинолонов. Используемые в ветеринарии препараты данной группы отличаются высокой антимикробной активностью в отношении возбудителя колибактериоза [5], имеют низкую токсичность [6] и хорошо проявляют себя при лечении инфекций разных видов животных [7; 8; 9]. Неоспоримым преимуществом является и то обстоятельство, что их лекарственные формы не требуют специального приготовления, стабильны при хранении и удобны в использовании. Целью данной работы было проведение предварительного исследования по определению эффективности назначения антимикробного препарата из группы фторхинолонов – моксифлоксацина при лечении экспериментально зараженных *E. coli* белых мышей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В опыте находилось 220 белых беспородных мышей, которые были разделены на 11 групп по 20 голов в каждой. Животным в экспериментальных группах внутрибрюшинно вводили моксифлоксацин в дозе 20 мг/кг массы тела один и два раза в день в течение одних, трех, пяти, семи и десяти суток. Первой и второй группам мышей препарат вводили в течение одного дня, третьей и четвёртой –в течение трех дней; пятой и шестой группам – пяти дней, седьмой и восьмой группам – семи дней; **а** девятой и десятой группам – десяти дней. Мыши в одиннадцатой группе служили контролем и лекарственное средство не получали. Лабораторных животных заражали внутрибрюшинно по типу генерализованной формы инфекции [10]. Материал для заражения получали непосредственно перед заражением путем приготовления суспензии из смыва с суточной агаровой культуры кишечной палочки в стерильном растворе NaCl (0,9%), и доводили его до 1,0 значения стандарта мутности McFarland, после чего вводили внутрибрюшинно с использованием игл малого диаметра в объёме 0,5 мл. Доза возбудителя в данном опыте равнялась 150 миллионам колониеобразующих единиц (КОЕ) на животное.

Стандартная схема данного опыта предполагает наблюдение за животными в течение 10 суток [10]. Но из-за продления курса лечения до 10 суток, период наблюдения за мышами был увеличен до 20 дней. Эффективность исследованных схем введения моксифлоксацина оценивали по заболеваемости и смертности животных, а основным критерием был расчет параметра суммарной продолжительности жизни (СПЖ), выраженный в % от максимально возможной за период наблюдения (20 голов по 20 дней = 400 условных дней). Эффективность использованных схем назначения препарата оценивали по следующим показателям: доза высокоактивная – СПЖ не менее 80-100 %, доза активная – 40-80 %, доза слабоактивная – 30-40 %, и неактивной считали

дозу препарата, при использовании которой была бы получена разница в продолжительности жизни, статистически не отличная от таковой в контрольной группе.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При воспроизведении экспериментальной инфекции критически важным является определение эффективной летальной дозы возбудителя, необходимой для развития клинических признаков заболевания у лабораторных животных. В предварительном исследовании было установлено, что таковая для использованной культуры *E. coli* составляет 150 миллионов КОЕ.

Как видно из полученных данных (таблица 1), внутрибрюшинное введение данного возбудителя белым мышам в контрольной группе приводит не только к их болезни, но и к 100% гибели. Суммарная продолжительность жизни животных в опыте составила всего 7,25% от возможной, что полностью соответствует данным, полученным нами ранее [7; 8; 9], и указывает на хорошее воспроизведение данной экспериментальной инфекции при постановке серии опытов.

Таблица 1 – Эффективность парентерального назначения моксифлоксацина в дозе 20 мг/кг массы тела

№ группы	Кратность введения	Кол-во голов	Выжило		Пало		Суммарная продолжительность жизни	
			Голов	%	Голов	%	Дней	%
1 день лечения								
1	1 раз в сутки	20	-	-	20	100	97	24,25
2	2 раза в сутки	20	-	-	20	100	182	45,5
3 дня лечения								
3	1 раз в сутки	20	-	-	20	100	143	35,75
4	2 раза в сутки	20	4	20	16	80	215	53,75
5 дней лечения								
5	1 раз в сутки	20	12	60	8	40	319	79,75
6	2 раза в сутки	20	3	15	17	85	260	65
7 дней лечения								
7	1 раз в сутки	20	2	10	18	90	214	53,5
8	2 раза в сутки	20	10	50	10	50	305	76,25
10 дней лечения								
9	1 раз в сутки	20	5	25	15	75	323	80,75
10	2 раза в сутки	20	9	45	11	55	314	78,5
Без лечения								
11	Контроль	20	-	-	20	100	29	7,25

Анализ полученных данных показывает, что при одно- и двукратном назначении моксифлоксацина **в** течение суток выживших животных не было в обеих группах. Гибель основной массы животных наблюдалась в первые 10 суток наблюдения, а у оставшихся регистрировали весьма тяжелые признаки развития инфекции. Для первой группы мышей, получавших препарат однократно, эффективность введения моксифлоксацина в дозе 20 мг/кг массы тела составила всего 24,25% (слабоактивная доза). Во второй группе животных, получавших инъекцию дважды, этот показатель составил 45,5% (активная доза). Разница с контрольной группой статистически достоверна.

При продлении курса лечения животных до трех дней достоверно увеличивалась и эффективность назначения препарата. Так, при его однократном введении (группа 3) СПЖ животных в опыте составила 35,75% от возможной (слабоактивная доза), а при двукратном (группа 4) – 53,75% (активная доза). В то же время, заболевание протекало у живот-

ных тяжело, и в третьей группе к завершению периода наблюдения выживших не было, а в четвертой – от изначального состава осталось только 20% мышей.

При пятидневном курсе лечения животных была зарегистрирована максимальная выживаемость животных (60%) в опыте при введении препарата один раз в сутки (5-я группа). Одновременно с этим, введение моксифлоксацина два раза в сутки (6-я группа) обеспечило сохранность только 15% белых мышей. Эффективность назначения препарата в данном опыте составила соответственно 79,75% и 65% (активные дозы). Разница между этими группами статистически недостоверна.

Для семидневного курса лечения мышей (7 и 8 группы соответственно) была характерна их высокая смертность при введении моксифлоксацина один раз в сутки (90%). При этом инъекция препарата два раза в день способствовала выживанию 50% экспериментальных животных. Эффективность назначения препарата составила 53,5% в седьмой группе, и 76,25% в 8-й (активные дозы). Отличие между группами статистически недостоверно.

Выживаемость животных при максимальной продолжительности лечения в течение 10 дней составила 25% при однократном введении препарата в день и 45% при его назначении два раза в сутки (группы 9 и 10). Продолжительность же их жизни в опыте была примерно равной и составляла 80,75% и 78,5% от максимально возможной (высокоактивная и активная дозы). Разница между этими группами недостоверна.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Установлена зависимость увеличения эффективности назначения препарата от длительности курса лечения и кратности его введения в первые три дня лечения. После однодневного курса применения препарата он слабоактивен при однократном введении и активен, при его назначении два раза в день. При трехдневном курсе лечения моксифлоксацин можно считать активным при обоих способах назначения, но его эффективность и показатели выживаемости мышей при двукратном введении достоверно выше.

Наибольшую эффективность препарат проявляет при его назначении в течение 5, 7 и 10 дней (активен и высокоактивен). Однако установлено, что, начиная с пятого по 10 день лечения, кратность введения препарата не имеет решающего значения на эффективность его применения. Отличия между соответствующими группами были минимальными и статистически недостоверными.

A STUDY OF EFFECTIVENESS OF MOXIFLOXACIN IN EXPERIMENTAL COLIBACILLOSIS OF LABORATORY ANIMALS

Yurin D.V.*– C. Vet. Sci., Leading Researcher (ORCID 0000-0001-9380-4136); **Skvortsov V.N.** – Dr. Vet. sci., Head of Belgorod Department of FGBNU "Federal Scientific Centre VIEV" (ORCID 0000 0002 9629 0000); **Mazur A.D.** – Junior Researcher (ORSID 0000 0003 1340 8024); **Laishevtsev A.I.** – C. Biol. Sci., Director of Laboratory of FGBNU "Federal Scientific Centre VIEV" (ORCID 0000-0002-5050-2274); FGBNU

"Federal Scientific Centre – All-Russian Research Institute of Experi-mental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko of Russian Academy of Sciences"

*bes512@yandex.ru

ABSTRACT

Strains of *Escherichia coli* isolated from animals are commensal microorganisms, still some *E. coli* serotypes can cause pathology in animals. Accordingly new methods of treating colibacillosis are in demand. The goal of the present study was to determine the effectiveness of moxifloxacin for treatment of white mice, experimentally infected with *E. coli.* The drug was administered to laboratory animals intraperitoneally at a dose 20 mg per kg of body weight once a day and twice a day in the course of 1, 3, 5, 7 and 10 days. We found out that even a single administration of moxifloxacin makes it possible to

achieve reliably better results, as compared to the control group. We also noted that the effectiveness of the administered drug was correspondent to the duration of treatment and the frequency of administration on days 1, 2 and 3 of the treatment. When treatment lasts one day moxifloxacin has low activity with single administration and it is active with two administrations per day. When treatment lasts 3 days the drug can be considered active with either method of administration, though the effectiveness of moxifloxacin and survivability of mice are reliably higher with 2 administrations per day. Maximum effectiveness was achieved when moxifloxacin was administered for 5, 7 and 10 days (active and highly active). Statistical analysis of the data obtained showed that frequency of administration on days 5 to 10 had little effect on the effectiveness of the drug. The differences between the respective groups were minimal and statistically unreliable. Our research demonstrated clearly the fact that in order to design new effective regimens of moxifloxacin for treating colibacillosis one must study characteristics of its pharmacokinetics.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Tenaillon, O., Skurnik, D., Picard, B. et al. The population genetics of commensal *Escherichia coli*. Nat Rev Microbiol 8, 207–217 (2010). https://doi.org/10.1038/nrmicro2298

2.Braz VS, Melchior K, Moreira CG. *Escherichia coli* as a Multifaceted Pathogenic and Versatile Bacterium. Front Cell Infect Microbiol. 2020 Dec 21; 10:548492. doi: 10.3389/fcimb.2020.548492. PMID: 33409157; PMCID: PMC7779793.

3.Kaper, J., Nataro, J. & Mobley, H. Pathogenic *Escherichia coli*. Nat Rev Microbiol 2, 123–140 (2004). https://doi.org/10.1038/nrmicro818.

4.Колибактериоз крупного рогатого скота в пермском крае: распространенность, источники возбудителя и его биологические особенности И.Н. Жданова, В.В. Мокрушин, М.В. Кузнецова Сельскохозяйственная биология, 2022, том 57, 4, с. 776-790. doi: 10.15389/agrobiology.2022.4.776rus

5.Чувствительность возбудителей бактериальных болезней животных к ципрофлоксацину Юрин Д.В., Скворцов В.Н., Балбуцкая А.А., Белимова С.С. Международный вестник ветеринарии. 2019. № 1. С. 91-95.

6.Острая токсичность и сравнительная терапевтическая эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят Мазур А.Д., Юрин Д.В., Скворцов В.Н., Тарасова Ю.В. Международный вестник ветеринарии. 2020. № 3. С. 89-93. DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.3.89.

7.Эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе лабораторных животных и цыплят Мазур А.Д., Скворцов В.Н., Юрин Д.В., Моисеева А.А. Международный вестник ветеринарии. 2021. № 1. С. 62-65.

8.Оценка лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят в зависимости от заражающей дозы Мазур А.Д., Скворцов В.Н., Юрин Д.В., Горбанёва А.С. Международный вестник ветеринарии. 2022. № 2. С. 64-68. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.2.64.

9.Оценка химиотерапевтического действия лекарственного средства на основе левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят Мазур А.Д., Скворцов В.Н., Юрин Д.В., Кравцова А.Р. Международный вестник ветеринарии. 2024. № 2. С. 42-48. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.42.

10. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под общей редакцией члена-корреспондента РАМН, профессора Р.У. Хабриева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. ОАО «Издательство «Медицина», 2005. – 832 с. ил.

REFERENCES

1. Tenaillon, O., Skurnik, D., Picard, B. et al. The population genetics of commensal *Escherichia coli*. Nat Rev Microbiol 8, 207–217 (2010). https://doi.org/10.1038/nrmicro2298

2. Braz VS, Melchior K, Moreira CG. *Escherichia coli* as a Multifaceted Pathogenic and

Versatile Bacterium. Front Cell Infect Microbiol. 2020 Dec 21; 10:548492. doi: 10.3389/fcimb.2020.548492. PMID: 33409157; PMCID: PMC7779793.
3. Kaper, J., Nataro, J. & Mobley, H. Pathogenic *Escherichia coli*. Nat Rev Microbiol 2, 123–140 (2004). https://doi.org/10.1038/nrmicro818.
4. Zhdanova I.N. Kolibakterioz krupnogo rogatogo skota v Permskom kraie: rasprostranennost', istochniki vozbuditelia i ego biologicheskiie osobennosti [Cattle colibacillosis in Perm krai: prevalence, sources of the causative agent and its biological characterization] / I.N. Zhdanova, V.V. Mokrushin, M.V. Kuznetsova // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2022, V. 57, no. 4, pp. 776-790. – Doi: 10.15389/agrobiology.2022.4.776rus (In Russ.)
5. Yurin D.V. Chuvstvitel'nost' vozbuditelei bakterial'nykh boleznei zhivotnykh k tsiprofloksatsinu [Sensitivity of infection agents of bacterial animal diseases to ciprofloxacin] / D.V. Yurin, V.N. Skvortsov, A.A. Balbutskaya, S.S. Belimova // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2019, no. 1, pp. 91-95. (In Russ.)
6. Mazur A.D. Ostraia tokichnost' i sravnitel'naia terapevticheskaia effektivnost' levoflokatsina pri eksperimental'nom kolibakterioze tsypliat [Acute toxicity and comparative therapeutic efficacy of levofloxacin in experimental colibacillosis of chickens] / A.D. Mazur, D.V. Yurin, V.N. Skvortsov, Yu.V. Tarasova // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2020, no. 3, pp. 89-93. – DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.3.89. (In Russ.)
7. Mazur A.D. Effektivnost' levofloksatsina pri eksperimental'nom kolibakterioze laboratornykh zhivotnykh i tsipliat [Effectiveness of levofloxacin in experimental colibacillosis of laboratory animals and chickens] / A.D. Mazur, V.N. Skvortsov, D.V. Yurin, A.A. Moiseeva // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2021, no. 1, pp. 62-65. – DOI: 10.17238/issn2072-2419.2021.1.62. (In Russ.)
8. Mazur A.D. Otsenka lechebno-profilakticheskoi effektivnosti levofloksatsina pri eksperimental'nom kolibakterioze tsypliat v zavisimosti ot zarazhaiushchei dozy [Evaluation of therapeutic and prophylactic effectiveness of levofloxacin in experimental colibacillosis of chickens with regard to infecting dose] / A.D. Mazur, V.N. Skvortsov, D.V. Yurin, A.S. Gorbaneva // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2022, no. 2, pp. 64-68. – DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.2.64. (In Russ.)
9. Mazur A.D. Otsenka khimioterapevticheskogo deistviia lekarstvennogo sredstva na osnove levofloksatsina pri eksperimental'nom kolibakterioze tsypliat [Evaluation of the chemotherapeutic effect of a drug based on levofloxacin in experimental colibacteriosis of chickens] / A.D. Mazur, V.N. Skvortsov, D.V. Yurin, A.R. Kravtsova // *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2024, no. 2, pp. 42-48. – DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.42. (In Russ.)
10. Khabriev R.U. Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniiu novykh farmakologicheskikh veshchestv. [Handbook of experimental (pre-clinical) study of new pharmacological substances] / Pod obshchei redaktsiei chlena-korrespondenta RAMN, professora R.U. Khabrieva. 2 izd., pererab. i dop. [R.U. Khabriev, professor, corresponding member of Russian Academy of Medical Sciences, Editor-in-Chief, Second Edition, Revised & Expanded]. Moscow, Meditsina Publ., 2005, 832 p. (In Russ.)

УДК:619:616.98:578.828.11:637.07:573.6.086.83:57.083.3
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.51

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕУБОЙНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕЙКОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАКЦИИ ИММУНОДИФФУЗИИ И ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА

Мустафаев А.Р. – канд. ветер. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5682-276)

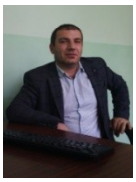
Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ ФАНЦ РД «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан».

**mustafaev_arkif@mail.ru*

Ключевые слова: *диагностика лейкоза крупного рогатого скота после убоя, сравнительный анализ, РИД, ИФА, смывы, специфические антитела к антигену gp51 ВЛКРС.*

Keywords: *diagnosis of bovine leukemia after slaughter, comparative analysis, RID, ELISA, flushes, specific antibodies to the gp51 BLV antigen.*

Поступила: 20.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Лейкоз крупного рогатого скота исследуется как прижизненно, так и после убоя животных разными методами (серологическим, патоморфологическим, гистологическим и т.д.). В этой связи была определена цель: применить РИД и ИФА после убоя животных в диагностике лейкоза крупного рогатого скота в сравнительном анализе. Материалы и методы: основным материалом для исследования послужили 305 смывов, взятых с туш и субпродуктов животных. Из них 185 животных были серонегативными прижизненно к ВЛКРС, а у 120 голов крупного рогатого скота не были проведены диагностические исследования на лейкоз. Особенность используемых методов заключалась в том, что данные способы (ИФА, РИД) применимы в выявлении антител, находящихся в мышечно-тканевой жидкости (плазме, лимфе) к антигену вируса лейкоза крупного рогатого скота (ВЛКРС). Результаты исследований: из 185 прижизненно серонегативных животных после убоя 160 голов повторно были исследованы в РИД, а 25 были проанализированы методом ИФА. Обе реакции (РИД, ИФА) подтвердили отсутствие у этих животных антител к ВЛКРС после убоя. В тоже время диагностическим исследованиям (методами ИФА и РИД) подверглись смывы, полученные с туш (субпродуктов) 120 голов крупного рогатого скота, не исследованных при жизни на лейкоз. Положительные послеубойные результаты на лейкоз крупного рогатого скота дали четыре пробы (4 (3,3%) из 120 (гомогенным субстратом)) в РИД, а методом ИФА были выявлены специфические антитела, находящиеся в мышечно-тканевой жидкости к антигену gp51 ВЛКРС в шести (6 (5,0%) из 120 проб) исследуемых тушах. Заключение: применение метода ИФА позволило выявить дополнительно две положительные пробы на лейкоз крупного рогатого скота, что превышает

чувствительность РИД на 33,3%. Полученные данные свидетельствуют о более высокой чувствительности метода ИФА в выявлении инфицированных ВЛКРС животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Заболевание «лейкоз крупного рогатого скота» развивается у животных в результате инфицирования вирусом лейкоза крупного рогатого скота (ВЛКРС). Диагностика энзоотического лейкоза крупного рогатого скота (ЭЛКРС) у животных проводится в ветеринарных лабораториях преимущественно с использованием серологических методов, таких как РИД и ИФА. Эти реакции выявляют в пробах сыворотки крови крупного рогатого скота антитела к антигену ВЛКРС [1, 2, 3]. В зависимости от наличия антител в сыворотке крови к антигену ВЛКРС устанавливается, инфицировано данное животное или нет [4, 5, 6]. В ветеринарной практике полимеразная цепная реакция (ПЦР), являясь молекулярно-генетическим методом, широко применяется в лабораториях для ранней диагностики инфекции ВЛКРС. Данный метод позволяет выявить заболевание на ранних стадиях: до 30 дней после инфицирования у взрослых животных и до 5-6 месяцев у телят [7]. Помимо ПЦР, к прижизненной диагностике ВЛКРС относятся цитоморфологические, клинические и гематологические методы. Эти методики, регламентированные соответствующими инструкциями, активно используются практикующими ветеринарными специалистами и ветеринарно-санитарными подразделениями для выявления лейкоза у крупного рогатого скота [8, 9, 10].

В предыдущих лабораторных исследованиях сывороток крови крупного рогатого скота на наличие вируса лейкоза использовались два серологических метода: РИД и ИФА. Полученные результаты продемонстрировали более высокую чувствительность ИФА по сравнению с РИД при диагностировании лейкоза крупного рогатого скота [11]. Тем не менее, метод ИФА имеет ряд недостатков, например: высокая ценовая стоимость общего диагностического набора, лаборатория должна быть обязательно оснащена спектрофотометром (ридером), с целью измерения оптической плотности волновой длины 450 нм, сложность проведения анализа (реакции) по сравнению с РИД. Основным преимуществом РИД перед методом ИФА является простота постановки реакции, относительно дешевый диагностический набор, не требуется специального оборудования в лабораторию и т.д. [12, 13].

Постановка послеубойного диагноза на лейкоз крупного рогатого скота по действующим методическим указаниям от 23 августа 2000 г., под № 13-7-2/2130 проводится патоморфологическим (патологоанатомическим) или гистологическим методами. Данные методы применимы в том случае, если есть деструктивные, пролиферативные, гиперплазивные изменения структуры тканей (клеток), как в отдельных органах животного, так всецелого организма при подозрении на заболевание лейкоза в организме крупного рогатого скота [13]. Во время бессимптомного носительства ВЛКРС в организме животных не наблюдаются деструктивные, пролиферативные или иные изменения на тканевом и клеточном уровне. Это затрудняет диагностику лейкоза после убоя у животных. В таких случаях применение в послеубойной диагностике лейкоза крупного рогатого скота серологических методов становится актуальным и необходимым т.к. данными тест-системами (РИД, ИФА) можно выявлять антитела к антигену ВЛКРС, непосредственно находящиеся в мышечно-тканевой жидкости тушах и субпродуктах животных. В исследованных пробах (смывах), полученных после убоя животных с применением серологических реакций, нами неоднократно были получены положительные результаты как в РИД, так и в ИФА в диагностике лейкоза крупного рогатого скота у инфицированных животных [15, 16, 17].

В контексте вышеизложенного была поставлена цель: применить РИД и ИФА после убоя животных в диагностике лейкоза крупного рогатого скота в сравни-

тельном анализе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Образцы смывов (проб) для диагноза лейкоза крупного рогатого скота после убоя были отобраны на рынке №2 города Махачкалы Республики Дагестан. В ходе лабораторного исследования было проанализировано 305 проб, взятых у послеубойных животных в возрасте одного года и старше. Согласно предоставленным ветеринарным справкам, 185 животных из них имели серонегативный статус по отношению к ВЛКРС при жизни, а 120 голов не были обследованы на наличие ВЛКРС с использованием серологических методов (РИД, ИФА). Пробы (смывы) были взяты с туш и субпродуктов крупного рогатого скота непосредственно после убоя. Транспортировка проб в лабораторию осуществлялась в соответствии со всеми установленными ветеринарно-санитарными нормами и правилами, с приложением соответствующей документации. Для обеспечения однородной гомогенности содержимого к смывам, находящимся в пробирке, добавлялось небольшое количество дистиллированной или изотонической жидкости (0,1-0,5 мл, объем зависел от размера сделанного тампона). Пробирки хранились при оптимальной (комнатной) температуре (22-27°C) и периодически подвергались лёгкому перемешиванию (встряхиванию). Обработанные таким образом гомогенные субстраты использовались для проведения реакций иммунодиффузии (РИД) и иммуноферментного анализа (ИФА). Для подтверждения диагноза лейкоза крупного рогатого скота после убоя использовался серологический набор для РИД производства ФГУП «Курская биофабрика – фирма «Биок», расположенной в городе Курске. Для проведения ИФА применялся диагностический набор, произведенный компанией ООО «Ветбиохим» из Москвы.

Все образцы (смывы) биологического материала после убоя были отобраны из туш и внутренних органов животных в соответствии с Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 28 апреля 2022 года № 269, а серологические исследования – согласно «Методическим указаниям по диагностике лейкоза крупного рогатого скота», утвержденным Департаментом ветеринарии МСХ РФ 23.08.2000 №13-7-2/2130 [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Лабораторные исследования проб (смывов) туш и субпродуктов животных были проведены в форме сравнительного анализа данных исследований двух реакции РИД и ИФА. В начале были проведены исследования проб, полученных от прижизненно серонегативных в РИД животных к ВЛКРС, а затем подверглись пробы с туш и субпродукты от прижизненно не исследованного поголовья крупного рогатого скота на лейкоз. Общее количество исследованных смывов послеубойных животных составило 305 голов. Из этого числа 185 образцов (смывов) принадлежали серонегативным животным, а 120 проб – неисследованному поголовью крупного рогатого скота как серологическими, так другими (клиническими, цитологическими, ПЦР и т.д.) методами на лейкоз. Образцы смывов (185 проб), полученные от туш и субпродуктов животных, которые прижизненно серо-отрицательны в РИД к ВЛКРС после убоя были исследованы повторно в двух серологических реакциях (в РИД – 160, ИФА – 25). Обе реакции (РИД, ИФА) дали отрицательный результат на лейкоз крупного рогатого скота. В рамках исследования были также проанализированы смывы с тканей субпродуктов (туш) от 120 голов животных, не обследованных на лейкоз крупного рогатого скота при жизни. Все образцы после убоя подверглись тестированию методом ИФА и РИД. В результате проведенных исследований было выявлено 4 (3,3%) пробы с положительной реакцией на антиген ВЛКРС в РИД. Кроме того, в 6 (5,0%) пробах в ИФА были обнаружены специфические антитела к антигену gp51 (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ методов ИФА и РИД в диагностике лейкоза крупного рогатого скота после убоя

	Диагности-ческие тест–системы	Исследовано всего проб	Отрицатель-ные (-) про-бы к ВЛКРС	Положитель-ные (+) про-бы к ВЛКРС	% – реагирующих к ВЛКРС
Прижизненно РИД (-) к ВЛКРС	РИД	160	РИД (160)	–	–
	ИФА	25	ИФА (25)	–	–
Не диагности-рованное поголовья к ВЛКРС при жизни	ИФА	ИФА/РИД (120)	ИФА (114)	ИФА (4(+**2**))	5,0
	РИД		РИД (116)	РИД (4)	3,3

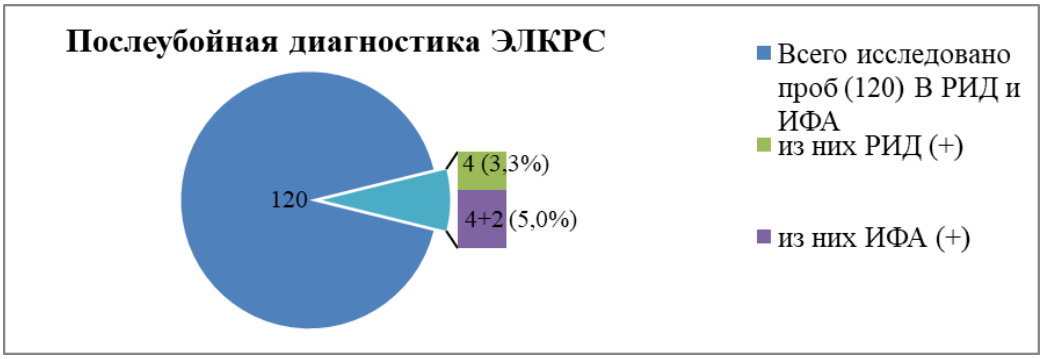


Рисунок 1 – Процентное соотношение выявляемости инфицированных ВЛКРС животных после убоя в серологических реакциях (РИД и ИФА).

Из таблицы можно увидеть то, что РИД показал положительные результаты на лейкоз у крупного рогатого скота после убоя. Однако, метод ИФА при одинаковом количестве исследованных смывах с туш и субпродуктов, вдобавок выявил еще (ИФА – 4(+**2**)) две положительные на лейкоз пробы крупного рогатого скота, помимо проб, давших положительный результат в РИД (4).

На представленном рисунке схематично отображены результаты послеубойных исследований биологического материала (смывов) животных в процентном соотношении, полученные с использованием серологических методов – РИД и ИФА.

Как видно из рисунка 1, из 120 исследованных туш (субпродуктов) крупного рогатого скота 4 оказались положительными как в РИД, так и в ИФА. В сравнительном анализе в двух пробах (смывах) методом ИФА были дополнительно обнаружены антитела к антигену gp51 вируса ВЛКРС. Частота обнаружения антител составила 33,3% (в ИФА). Полученные данные свидетельствуют о более высокой чувствительности ИФА по сравнению с серологическим методом реакции (РИД).

Сравнительный анализ результатов исследований смывов с туш и субпродуктов животных на лейкоз крупного рогатого скота, проведенных с помощью реакции РИД и ИФА, показал, что метод ИФА демонстрирует наибольшую степень выявляемости антител к антигену ВЛКРС, находящихся в мышечно-тканевой жидкости (плазме и лимфе).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В контексте проведенных серологических исследований (методами РИД и ИФА) смывов, полученных с туш и субпродуктов крупного рогатого скота, было установлено, что животные, ранее тестировавшиеся прижизненно в количе-

стве 185 голов, после убоя также оказались серонегативными в обеих тест-системах. У животных, которые прижизненно не тестировались методами РИД и ИФА к ЭЛКРС в количестве 120 голов после убоя, нами были выявлены антитела к основному антигену gp 51 ВЛКРС. С помощью РИД в четырех тушах крупного рогатого скота были выявлены антитела к ВЛКРС. При использовании метода ИФА были обнаружены специфические антитела к ВЛКРС в шести пробах в смывах послеубойных животных. В эти шесть положительные пробы в ИФА, реагировавшие на лейкоз крупного рогатого скота, входили четыре сероположительных смыва в РИД.

COMPARATIVE ANALYSIS OF POST-SLAUGHTER DIAGNOSIS OF BOVINE LEUKEMIA USING IMMUNODIFFUSION REACTION AND ENZYME IMMUNOASSAY

Mustafaev A.R. – Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0001-5682-276).

The Caspian Zonal Research Veterinary Institute, a branch of the Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan.

**mustafaev_arkif@mail.ru*

ABSTRACT

Bovine leukemia is studied both intravitally and after slaughter of animals by different methods (serological, pathomorphological, histological, etc.). In this regard, the objective was defined: to apply RID and ELISA after slaughter of animals in diagnostics of bovine leukemia in the comparative analysis. Materials and methods: the main material for the study was 305 washings taken from carcasses and offal of animals. Of these, 185 animals were seronegative during their lifetime to BLV, and 120 heads of cattle did not undergo diagnostic tests for leukemia. The peculiarity of the methods used was that these methods (ELISA, RID) are applicable in detecting antibodies found in muscle tissue fluid (plasma, lymph) to the antigen of the bovine leukemia virus (BLV). Results of the studies: out of 185 seronegative animals tested during life, 160 heads were re-tested in RID after slaughter, and 25 were analyzed by ELISA. Both reactions (RID, ELISA) confirmed the absence of antibodies to BLV in these animals after slaughter. At the same time, diagnostic studies (ELISA and RID) were performed on swabs obtained from the carcasses (by-products) of 120 heads of cattle that were not tested for leukemia during life. Positive post-mortem results for bovine leukemia were obtained from four samples (4 (3.3%) out of 120 (homogeneous substrate)) in RID, and ELISA revealed specific antibodies to the BLV gp51 antigen in muscle tissue fluid in six (6 (5.0%) out of 120 samples) of the studied carcasses. Conclusion: the use of the ELISA method allowed us to identify two additional positive samples for bovine leukemia, which exceeds the sensitivity of the RID by 33.3%. The obtained data indicate a higher sensitivity of the ELISA method in identifying animals infected with BLV.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Двоеглазов Н.Г. Сравнительный анализ применения ИФА и РИД при диагностике лейкоза крупного рогатого скота / Н.Г. Двоеглазов, В.В. Храмцов, Т.А. Агаркова, Н.А. Осипова // Сибирский вестник сельскохозяйственных наук. – 2015. – №1 (242). – С. 89-93.

2. Choi K.Y. Liu R.B., Buehring G.C. Relative sensitivity and specificity of agar gel immunodiffusion, enzyme immunosorbent assay, and immunoblotting for detection of anti-bovine leukemia virus antibodies in cattle. Virol. Methods. – 2002. – No. 104. – P. 33–39. DOI: 10.1016/s0166-0934(02) 00040-x

3. Байсеитов С.Т. Сравнительная оценка диагностической эффективности РИД, ИФА и РНИФ при лейкозе крупного рогатого скота / С.Т. Байсеитов, Н.Н. Новикова [и др.] // Вестник Омского ГАУ. – 2020. – №1(37). – С. 97-102.

4. Gillet N. Mechanisms of leukemogenesis induced by bovine leukemia virus: prospects for novel anti-retroviral therapies in human / N. Gillet [et al.] // Retrovirology. – 2007. –

Vol. 4. – N. 18. – P. 1-32.
5. Гулюкин М.И. Мониторинг эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота в товарных и племенных хозяйствах Российской Федерации за 2014–2015 годы / М.И. Гулюкин [и др.] // Ветеринария и кормление. – М.: – 2016. – №4. – С. 5-39.
6. Мустафаев А.Р. Мониторинг по распространению вируса лейкоза крупного рогатого скота в республике Дагестан за 2018 год / А.Р. Мустафаев, М.И. Гулюкин, Ю.С. Салихов // Ветеринария и кормление. – 2019. – № 4. – С. 18-21.DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-4-5.
7. Nekoei, S. Molecular detection of bovine leukemia virus in peripheral blood of Iranian cattle, camel and sheep / S. Nekoei, T. TaktazHafshejani, A. Doosti, F. Khamesipour // Polish Journal of Veterinary Sciences. – 2015. – Vol. 18. – No 4. – P. 703-707.
8. Diana E. Serological detection of bovine leukemia virus in slaughterhouse workers from San Nicolas de los Garza, Nuevo León, Mexico. / E. Diana, Zamora-Avila, Zapata-Benavides [et al.] // Afr. J. Microbial. Res. – 2013. – No. 7(24). – P. 3042-3048.
9. Meas S. Infection of bovine immunodeficiency virus and bovine leukemia virus in water buffalo and cattle populations in Pakistan / S. Meas, J. Seto, C. Sugimoto [et al.] // Vet. Med. Sci. – 2000. – No. 62. – P. 329-331. DOI:10.1292/jvms.62.329.
10. Симонян Г.А. Дифференциальная диагностика различных форм гемобластозов / Г.А. Симонян // Ветеринария. – М. – 2013. – № 9. – С. 21-25.
11. Мустафаев А.Р. Сравнительные аспекты диагностики лейкоза крупного рогатого скота при применении реакции иммунодиффузии и иммуноферментного анализа / А.Р. Мустафаев, М.О. Баратов // Ветеринария сегодня. – 2023. – Т. 12. – №1. – С. 52–56.
12. Klintevall K. Evaluation of an indirect ELISA for the detection of antibodies to bovine leukaemia virus in milk and serum / K. Klintevall, K. Nasland, G. Svedland [et al.] // J. Virol. Methods. – 1991. – No. 33. – P. 319–333. DOI: 10.1016/0166-0934(91)90032-y
13. Донник И.М. Лейкоз крупного рогатого скота – диагностика, оздоровление, анропозоонозный потенциал (история вопроса) / И.М.Донник, М.И. Гулюкин, В.А.Бусол [и др.]. // Сельскохозяйственная биология. – 2021 – №56(2). – С. 230-244. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.2.230rus
14. Симонян Г.А. Гематосаркомы – опухолевые формы проявления гематобластозов / Г.А. Симонян // Ветеринария. – М.: – 2014. – 5. – С. 21-27
15. Мустафаев А.Р. Применение иммуноферментного анализа в послеубойной диагностике лейкоза крупного рогатого скота / А.Р. Мустафаев, М.О. Баратов // Ветеринария сегодня. – 2024. – Т.13. – №2. – С. 149-153
16. Патент № RU 2744706 C1 Российской Федерации, МПК. Способ послеубойной диагностики лейкоза крупного рогатого скота. Мустафаев А.Р. Дата публикации 15.03.2021 г. eLIBRARY ID: 45806748 Режим доступа: https://patenton.ru/patent/RU2744706C1
17. Патент № RU2803893C1 Российской Федерации, МПК. Ускоренный способ послеубойной диагностики лейкоза крупного рогатого скота с применением иммуноферментного анализа. Мустафаев А.Р. Дата публикации 21.09.2023 г. eLIBRARY ID: 54660169. Режим доступа: https://patenton.ru/patent/RU2803893C1
18. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 28 апреля 2022 года № 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» (Зарегистрировано в Минюсте России 02.06.2022. № 68718).

REFERENCES

1. Dvoeglazov N.G. Comparative analysis of the use of ELISA and RID in the diagnosis of leukemia in cattle / N.G. Dvoeglazov, V.V. Khramtsov, T.A. Agarkova, N.A. Osipova // Siberian Bulletin of Agricultural Sci-

ences. – 2015. – №1(242). – P. 89-93.
2. Choi K.Y. Liu R.B., Buehring G.C. Relative sensitivity and specificity of agar gel immunodiffusion, enzyme immunosorbent assay, and immunoblotting for detection of anti-bovine leukemia virus antibodies in cattle. Virol. Methods. – 2002. – No. 104. – P. 33–39.
3. Baiseitov S.T. Comparative assessment of the diagnostic efficacy of RID, ELISA and RNIF in bovine leukemia / S.T. Baiseitov, N.N. Novikova // Bulletin of the Omsk State Agrarian University. – 2020. – №1(37). – P. 97-102.
4. Gillet N. Mechanisms of leukemogenesis induced by bovine leukemia virus: prospects for novel anti-retroviral therapies in human / N. Gillet [et al.] // Retrovirology. – 2007. – Vol. 4. – N. 18. – P. 1-32.
5. Gulyukin M.I. Monitoring of the epizootic situation of bovine leukemia in commercial and breeding farms of the Russian Federation for 2014-2015 / M.I. Gulyukin [et al.] // Veterinary medicine and feeding. – M.: – 2016. – №4. – pp. 5-39.
6. Mustafayev A.R. Epizootic situation on enzootic leukemia of cattle in public and individual farms of the Republic of Dagestan / A.R. Mustafayev // Veterinary medicine today. – 2021. – №2(37). – P. 144-150.
7. Nekoei, S. Molecular detection of bovine leukemia virus in peripheral blood of Iranian cattle, camel and sheep / S. Nekoei, T. Taktaz Hafshejani, A. Doosti, F. Khamesipour // Polish Journal of Veterinary Sciences. – 2015. – Vol. 18. – No 4. – P. 703-707.
8. Diana E. Serological detection of bovine leukemia virus in slaughterhouse workers from San Nicolas de los Garza, Nuevo León, Mexico. / E. Diana, Zamora-Avila, Zapata-Benavides [et al.] // Afr. J. Microbial. Res. – 2013. – No. 7(24). – P. 3042-3048.
9. Meas S. Infection of bovine immunodeficiency virus and bovine leukemia virus in water buffalo and cattle populations in Pakistan / S. Meas, J. Seto, C. Sugimoto [et al.] // Vet. Med. Sci. – 2000. – No. 62. – P. 329-331. DOI:10.1292/jvms.62.329.
10.Simonyan G.A. Hematosarcomas are tumor forms of hematoblastosis / G.A. Simonyan // Veterinary medicine. Moscow. - 2014. – No. 5. – P. 21-27.
11.Mustafaev A.R. Comparative aspects of the diagnosis of bovine leukemia using immunodiffusion and enzyme immunoassay / A.R. Mustafaev, M.O. Baratov // Veterinary medicine today. – 2023. – Vol. 12. – No. 1. – P. 52-56.
12.Klintevall K. Evaluation of an indirect ELISA for the detection of antibodies to bovine leukaemia virus in milk and serum / K. Klintevall, K. Nasland, G. Svedland [et al.] // J. Virol. Methods. – 1991. – No. 33. – P. 319–333.
13.Donnik I.M. Leukemia of cattle – diagnosis, rehabilitation, and anropozoon potential (background). / I.M. Donnik, M.I. Gulyukin, V.A. Busol // Agricultural Biology. – 2021 – №56(2). – P. 230-244. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.2.230rus
14.Simonyan G.A. Hematosarcomas are tumor forms of hematoblastosis / G.A. Simonyan // Veterinary medicine. Moscow. – 2014. -№5. – P. 21-27
15.Mustafaev A.R. The use of enzyme immunoassay in the post-slaughter diagnosis of leukemia in cattle / A.R. Mustafaev, M.O. Baratov // Veterinary Medicine today. – 2024. – Vol.13. – No. 2. – P. 149-153.
16.Patent No. RU 2744706 C1 of the Russian Federation, IPC. Method of post-slaughter diagnosis of bovine leukemia. Mustafaev A. R. Publication date 15.03.2021 eLibrary ID: 45806748 Access mode: https://patenton.ru/patent/RU2744706C1
17.Patent No. RU2803893C1 of the Russian Federation, IPC. Accelerated method of post -slaughter diagnosis of bovine leukemia using enzyme immunoassay. Mustafaev A.R. Publication date 21.09.2023. eLibrary ID: 54660169. Access mode: https://patenton.ru/patent/RU2803893C1
18.Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated April 28, 2022 No. 269 "On Approval of Veterinary Rules for the slaughter of animals and 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" (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 06/02/2022 No. 68718).

УДК: 616.211-008.8-008.87:616.24-002.153:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.58

АНАЛИЗ МИКРОБИОТЫ НОСОГЛОТОЧНОЙ СЛИЗИ, АССОЦИИРОВАННОЙ С БРОНХОПНЕВМОНИЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Киянчук М.В.* – асп. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии, асс. каф. биохимии и физиологии (ORCID:0009-0006-2884-9630); **Сухинин А.А.** – д-р биол. наук, проф., зав. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID:0000-0002-1245-3440)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* kiyanchuk.margosha@yandex.ru

Ключевые слова: *микробиота, носоглоточная слизь, телята, бронхопневмония*

Key words: *microbiota, nasopharyngeal mucus, calves, bronchopneumonia*

Поступила: 10.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Массовое поражение респираторной системы крупного рогатого скота представляет значительную проблему для животноводства не только в Российской Федерации, но и во всём мире. Экономические потери животноводческих комплексов при вспышке бронхопневмонии инфекционной этиологии ассоциированы с расходами на лечение и затратами, связанными с повышенной смертностью, преждевременной выбраковкой животных. Таким образом, значительную роль в противоэпизоотических мероприятиях приобретают своевременные лечебные мероприятия. Поскольку эффективность лечения животных при инфекционных болезнях существенно зависит от чувствительности возбудителя к антибактериальному препарату, заблаговременное включение в схему терапевтических мероприятий оптимального лекарственного средства позволяет снизить потери. Был проведён отбор носоглоточной слизи от телят животноводческого комплекса Ленинградской области с целью изолирования микроорганизмов, ассоциированных с поражением респираторной системы. Идентификацию изолятов проводили с применением культуральных и биохимических методов. *Proteus mirabilis, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Comamonas kerstersii, Escherichia coli, Moraxella bovoculi, Mannheimia haemolytica, Clostridium sp., Acinetobacter baumannii* изолированы исключительно из биологического материала животных с поражением респираторной системы. В результате проведённой работы так же были депонированы возбудители бронхопневмонии для дальнейших исследований с применением фаготерапии.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Основной проблемой животноводства являются болезни органов дыхания у молодняка, в частности бронхопневмония у телят, которая имеет сравнительно широкое распространение, наносит существенный экономический ущерб в том числе в виде снижения качества ремонтного поголовья, что имеет системное значение в молочном и мясном скотоводстве. Помимо нарушений функций органов дыхания развитие данной патологии сопровождается каскадом патологических изменений во многих органах и системах организма, что обуславливает преждевременную выбраковку животных, снижение прироста в массе тела и повышенную смертность. При своевременном проведении лечебных мероприятий выздоровление наступает через 9-14 дней и экономические убытки для владельцев минимальны [4, 5, 8, 11, 22]. Животные всех возрастов могут быть подвержены заболеванию, но наиболее восприимчивы телята и годовалые животные [9]. Поэтому решению данной проблемы животноводства посвящено большое количество публикаций, анализ которых показал, что этиология и патогенез респираторной болезни крупного рогатого скота сложны и включают взаимодействие инфекционных агентов, условий содержания и факторов окружающей среды. Спектр возбудителей, инициирующих развитие патологии в лёгких, характеризуется видовым многообразием и высокой степенью изменчивости. При бронхопневмониях телят из биологического материала выделяют следующие микроорганизмы: *Mannheimia haemolytica, Histophilus somni, Pasteurella multocida, Diplococcus pneumoniae, Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Gallibacterium anatis, Klebsiella pneumonia* [10,15]. Однако несмотря на бесспорные достижения в изучении этиологической структуры бронхопневмонии у телят многие её аспекты недостаточно изучены, что снижает объективность выбора средств проводимой терапии [13]. В клинической практике данное обстоятельство является основной причиной интуитивного, часто случайного, выбора антимикробных препаратов, что может стать причиной длительного неконтролируемого их применения с высоким риском лекарственной устойчивости возбудителей [25, 14]. Очевидна необходимость поиска новых, порой альтернативных антибиотикам средств терапии, но для проведения исследований в данном направлении следует детализировать структуру возбудителей не только в видовом аспекте, но с позиции их роли в возникновении патологии и риска развития толерантности к антибиотикам. Целью данного исследования было выделение и типизация микроорганизмов, ассоциированных с бронхопневмонией у молодняка крупного рогатого скота, с дальнейшим депонированием изолятов для подбора новой эффективной схемы лечебных мероприятий в дальнейших исследованиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Опыт был проведен в трёх молочных комплексах, расположенных в Ленинградской области, где содержатся животные айрширской породы. Объектом исследования были телята в возрасте от 1,5 до 3 месяцев, из числа которых на основании комплексного обследования были сформированы две опытные группы: 1-больные бронхопневмонией (n=72), которым после обследования был назначен курс терапии, 2 - (контроль) клинически здоровые телята (n=36). Раз в квартал (четыре раза в год) материал отбирали у шести животных первой группы и трёх животных второй группы. Каждый раз отбор проб проводили у разных животных. Содержание круглогодовое стойловое. Диагноз «бронхопневмония» был поставлен комплексно на основании результатов клинического обследования и анализа спектра выделенных микроорганизмов. При этом было установлено, что патология вызвана ассоциацией возбудителей, а у больных имеет место угнетение, вялость, снижение аппетита, одышка, кашель, слизисто-гнойные выделения из носовых ходов. Исследование свойств

доминирующих микроорганизмов, выделенных из носоглоточной слизи у больных (гр.1), показал среднюю и высокую их чувствительность к азитромицину, поэтому данный антибиотик был выбран в качестве основного средства терапии и вводился внутримышечно согласно наставлению в дозе 5 мг/кг один раз в сутки два дня. Эффективность макролидов и, в частности азитромицина, при бронхопневмонии у телят подтверждена многими исследованиями [12, 18].

Все животные находились под постоянным наблюдением в течение 7 дней. Помимо этого, у телят из группы контроля в 1 день, а у больных животных в 1 и 3 дни были отобраны пробы носоглоточной слизи. Отбор материала проводили при помощи стерильного тупфера и помещали в транспортную систему со средой Кэри-Блэйра. Материал транспортировали не более 3 часов с момента отбора. Для выделения чистых культур микроорганизмов проводили посев биоматериала на дифференциально-диагностические питательные среды. Идентификацию проводили с применением культуральных и биохимических методов. Культивирование микроорганизмов проводили с применением различных коммерческих питательных сред: Эндо-агар, кровянной 5% МПА, XLD-агар, солевой агар с маннитом, железосульфитный агар, среда Китта-Тароцци, Listeria Identification Agar Base (PALCAM), агар Оттавиани-Агости. Для оценки ферментации углеводов использовали диски с углеводами (HiMedia). С целью определения способности к повышенному синтезу капсульного полисахарида у изолятов оценивали гипермукоидность при помощи «стринг-теста». Заключительную типизацию проводили с помощью настольного времяпролетного масспектрометра с лазерной десорбцией MALDI-TOF. Все изоляты, выделенные от телят с признаками поражения респираторной системы, были пересеяны на полужидкий агар для длительного хранения при 5–8 °С и дальнейшего исследования [20, 21].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Мониторинг клинического состояния животных показал, что в течение всего опыта состояние телят из группы №2 существенно не изменилось и они оставались здоровыми. У больных животных (гр.1) позитивные изменения клинических параметров были отмечены на 5 – 6 день лечения. При этом наблюдалась увеличение их двигательной активности, улучшение аппетита, уменьшение объема выделяемой слизи и исчезновение в её составе гноя. Отмеченные изменения состояния животных указывают на положительную тенденцию течения болезни и подтверждают эффективность назначенного курса лечения.

В результате микробиологических исследования носоглоточной слизи были выделены и типизированы из ряд микроорганизмов, которые представлены в таблице 1 из данных которой видно, что верхние дыхательные пути у здоровых телят не являются стерильными.

При этом, видно, что локальный биоценоз у этих животных включает в себя представители комменсальной микрофлоры открытых полостей и бактерии, циркулирующие в окружающей среде (воздух). К числу первых относятся *Aerococcus viridians, Corynebacterium casei u Bacillus licheniformis,* хотя имеются сведения об участии их в возникновении патологий у человека и животных или осложняют течение респираторных заболеваний [3, 6, 16].

У больных пневмонией выявлена принципиально иная микробиота носоглоточной слизи (табл.1), сравнительная структура которой более наглядно представлена на рисунке 1.

В сравнении со здоровыми животными у больных исчезли *Bacillus licheniformis*, *Corynebacterium casei* и *Staphylococcus equorum* бактерии со сравнительно высоким защитным (пробиотическим) потенциалом,что существенно ослабит барьерные функции верхних дыхательных путей [7]. Это косвенно подтверждается появлением в слизи не только *Proteus mirabilis, Klebsiella pneumoniae, Pseu-*

domonas aeruginosa, Staphylococcus xylosus(28,9%), *Moraxella bovoculi, Mannheimia haemolytica*, бактерий известных как возбудители пневмонии, но и сравнительно редко выделяемых в дыхательных путях, таких как *Comamonas kerstersii* и *Acinetobacter baumannii* [1 ,16]. Помимо прочего результаты «стринг-теста» показали, что три изолята из пятнадцати *Klebsiella pneumoniae*, являются гипермукоидными, что является ориентировочным фенотипическим маркером гипервирулентного штамма. *Pseudomonas aeruginosa* (6,62% в первой группе) привлекает к себе внимание тем, что потенциально способна синтезировать внеклеточный матрикс, что является фактором патогенеза инфекционного процесса и вероятным препятствием для антимикробной терапии [23].

Таблица 1 – Видовой состав микроорганизмов выделенных их носоглоточной слизи здоровых и больных телят

Наименование изолята	Количество животных		
Группа	1 (до лечения)	1 (после курса антибиотика)	2 (контроль)
Proteus mirabilis	27	9	0
Proteus vulgaris	8	15	3
Klebsiella pneumoniae	11	4	0
Pseudomonas aeruginosa	12	0	0
Staphylococcus xylosus	41	0	36
Comamonas kerstersii	29	0	0
Escherichia coli	22	45	36
Moraxella bovoculi	6	0	0
Aerococcus viridans	13	21	36
Corynebacterium casei	0	16	20
Acinetobacter baumannii	5	10	0
Mannheimia haemolytica	3	0	0
Clostridium sp.	1	6	2
Staphylococcus equorum	0	0	36
Bacillus licheniformis	0	0	36

Если учесть ведущую роль микрофлоры окружающей среды в контаминации верхних дыхательных путей у здоровых животных, то ведущее значение в появлении патогенной микрофлоры в слизи принадлежит гематогенному пути.

Как было отмечено проведённый курс терапии улучшил клиническое состояние больных, что подтвердило рациональный выбор антибиотика. Помимо этого, отмечены позитивные изменения в составе микрофлоры носоглоточной слизи. В сравнении с показателями у больных в

первый день опыта, инъекции азитромицина исчезли такие возбудители пневмонии как *Proteus mirabilis, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus xylosus, Comamonas kerstersii* и *Moraxella bovocul*, но сохранила свою актуальность *Klebsiella pneumonia*. Устойчивость *Klebsiella pneumonia* к используемому антибиотику, вероятно обусловлена проявлением отмеченной выше наличия у отдельных штаммов гипермукойдности – маркера гипервирулентности, которая, как и множественная резистентность, связана с приобретением дополнительного генетического материала [14, 19]. Также выявлена устойчивость к азитромицину *Acinetobacter baumannii*, что согласуется с существующим мнением о частых случаях резистентности и умеренной чувствительностью данного микроорганизма к макролидам [2]. Появление *Corynebacterium casei*, вероятно является положительным результатом лечения и указывает на перспективу восстановления микробиоты верхнего отдела респираторного тракта.

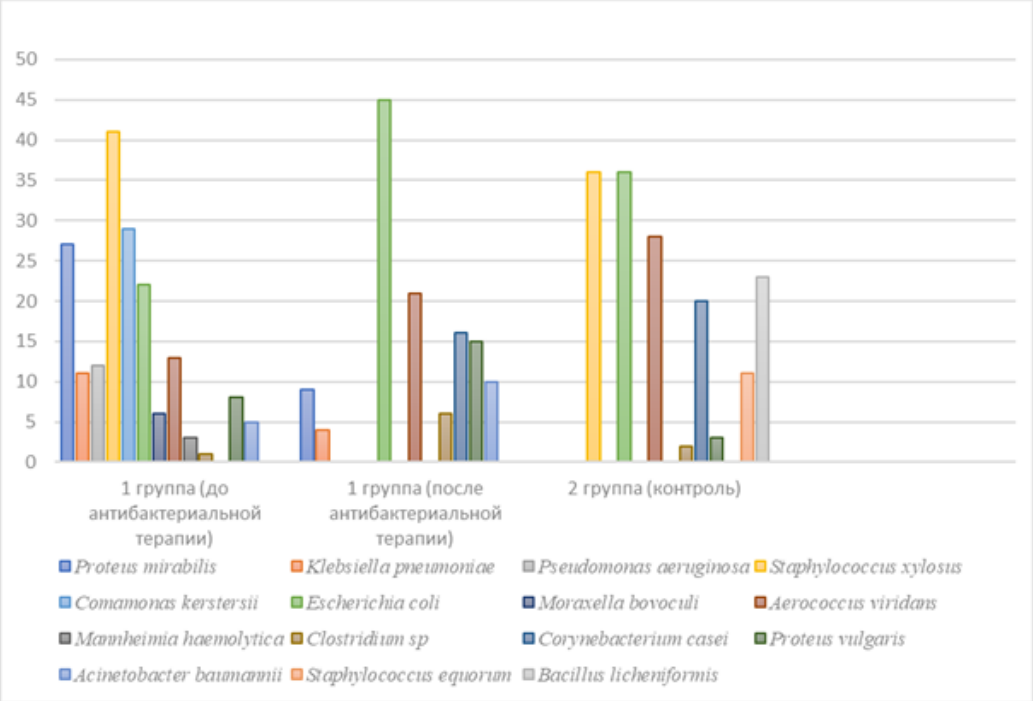


Рисунок 1 – Соотношение изолятов, выделенных из носоглоточной слизи телят.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Анализ микробиоты носоглоточной слизи телят демонстрирует неоднородность микробного состава в исследуемом материале и сложную структуру возбудителей при поражении респираторной системы. *Proteus mirabilis, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Comamonas kerstersii, Escherichia coli, Moraxella bovoculi, Mannheimia haemolytica, Clostridium sp., Acinetobacter baumannii* изолированы исключительно из биологического материала животных с поражением респираторной системы, из них *Klebsiella pneumoniae, Proteus mirabilis* – не обнаружены у клинически здоровых животных. У животных, проходящих курс антимикробной терапии, наблюдается отсутствие в носоглоточной слизи *Mannheimia haemolytica, Moraxella bovoculi,* и *Staphylo-*

coccus xylosus, но обнаруживаются *Klebsiella pneumoniae* (на 2,44% реже)*, Proteus mirabilis* (на 3,27% чаще), так же у данной группы отмечено улучшение общего состояния (нормализация аппетита, отсутствие одышки, кашля, истечений из носовых ходов с примесью гноя). Из перечисленных микроорганизмов три изолята из пятнадцати *Klebsiella pneumonia* являются гипермукоидными, что может осложнять проведение терапевтических мероприятий. Обнаружение *Pseudomonas aeruginosa* (6,62% в первой группе) настораживает в связи с потенциальной способностью синтезировать внеклеточный матрикс. Таким образом наиболее значимыми возбудителями бронхопневмонии являются *Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa* и *Proteus mirabilis*. *Escherichia coli* и *Staphylococcus xylosus* преобладают в носоглоточной слизи клинически здоровых животных. Микробное разнообразие носоглоточной слизи клинически здоровых телят можно объяснить тем, что материал для исследования может контаминироваться микроорганизмами из воздуха, подстилки и с шёрстного покрова. Можно сказать, что антибиотики оказывают положительное влияние на клиническое состояние и микробиоту, но имеются и негативные моменты такие как ограниченность эффекта и сохранение актуальности некоторых возбудителей, что свидетельствует о антибиотикорезистентности. Как следствие необходим поиск альтернативных путей решения задачи эрадикации верхних дыхательных путей.

Полученные данные свидетельствуют об необходимости корректировки лечебных мероприятий. Отсутствие возможности создания единого антимикробного эффекта в отношении выделяемых возбудителей является ведущей причиной сдерживания эффективности лечения и необходимости поиска новых подходов. Наличие депонированных возбудителей бронхопневмонии позволит заблаговременно включить в схему лечения эффективные препараты на основе бактериофагов и другие лекарственные средства, с учётом индивидуальной чувствительности возбудителей, в дальнейшем.

ANALYSIS OF NASOPHARYNGEAL MUCUS MICROBIOTA ASSOCIATED WITH BOVINE BRONCHOPNEUMONIA IN LIVESTOCK COMPLEXES

Kiyanchuk M.V.* – Postgraduate student of Microbiology, Virology and Immunology, assistant of the Department of Biochemistry and Physiology (ORCID:0009-0006-2884-9630); **Sukhinin A.A.** – Grand PhD in Biology, Professor, Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology (ORCID:0000-0002-1245-3440)

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* kiyanchuk.margosha@yandex.ru

ABSTRACT

Mass lesions of the respiratory system of cattle represent a significant problem for livestock production not only in the Russian Federation, but also worldwide. Economic losses of livestock farms during an outbreak of bronchopneumonia of infectious etiology are associated with treatment costs and costs associated with increased mortality, premature culling of animals. Thus, timely treatment measures play a significant role in antiepizootic measures. Since the effectiveness of treatment of animals with infectious disease significantly depends on the sensitivity of the pathogen to antibacterial drugs, early inclusion of the optimal drug in the scheme of therapeutic measures allows to reduce losses. Nasopharyngeal mucus was sampled from calves of cattle breeding complex of the Leningrad region in order to isolate microorganisms associated with respiratory system lesions. Identification of isolates was carried out using culture and biochemical methods. *Proteus mirabilis, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Comamonas kerstersii, Escherichia coli, Moraxella bovoculi, Mannheimia haemolytica, Clostridium sp., Acinetobacter baumannii* were isolated exclusively from biological material of animals with respiratory system lesions. As a result of this work the

pathogens of bronchopneumonia were also deposited for further studies using phagotherapy.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Almuzara M, Cittadini R, Estraviz ML, Ellis A, Vay C. First report of Comamonas kerstersii causing urinary tract infection. New Microbes New Infect. 2018 Mar 20;24:4-7. doi: 10.1016/j.nmni.2018.03.003. PMID: 29922468; PMCID: PMC6004729.
2. Fernández Cuenca F, Pascual A, Martínez Martínez L, Perea EJ. Actividad in vitro de azitromicina frente a aislamientos clínicos de Acinetobacter baumannii [In vitro activity of azithromycin against clinical isolates of Acinetobacter baumannii]. Rev Esp Quimioter. 2003 Jun;16(2):204-8. Spanish. PMID: 12973458.
3. Mohan B, Zaman K, Anand N, Taneja N. Aerococcus Viridans: A Rare Pathogen Causing Urinary Tract Infection. J Clin Diagn Res. 2017;11(1):DR01-DR03. doi:10.7860/JCDR/2017/23997.9229
4. Nicola I, Cerutti F, Grego E, Bertone I, Gianella P, D'Angelo A, Peletto S, Bellino C. Characterization of the upper and lower respiratory tract microbiota in Piedmontese calves. Microbiome. 2017 Nov 21;5(1):152. doi: 10.1186/s40168-017-0372-5. PMID: 29157308; PMCID: PMC5697440.
5. Peculiarities of respiratory pathology of young cattle in the lower volga region Russian federation / I. I. Kalyuzhny, I. A. Nikulin, A. M. Gertman [et al.] // International Journal of Re-search in Pharmaceutical Sciences. – 2020. – Vol. 11, No. 2. – P. 2360–2364.
6. Pickering J, Teo TH, Thornton RB, Kirkham LA, Zosky GR, Clifford HD. Bacillus licheniformis in geogenic dust induces inflammation in respiratory epithelium. Environ Res. 2018;164:248-254. doi:10.1016/j.envres.2018.02.025
7. Ramirez-Olea H, Reyes-Ballesteros B, Chavez-Santoscoy RA. Potential application of the probiotic Bacillus licheniformis as an adjuvant in the treatment of diseases in humans and animals: A systematic review. Front Microbiol. 2022 Sep 26;13:993451. doi: 10.3389/fmicb.2022.993451. PMID: 36225361; PMCID: PMC9549136.
8. Shubina T.P. Bronchopneumonia of calves and methods of its treatment / T.P. Shubina, D.V. Gerasimenko, A.Y. Silaykina // Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2024. — №4 (142) . — URL: https://research-journal.org/archive/4-142-2024-april/10.23670/IRJ.2024.142.7 (accessed: 24.11.2024). — DOI: 10.23670/IRJ.2024.142.7
9. van der Fels-Klerx, H J et al. "An economic model to calculate farm-specific losses due to bovine respiratory disease in dairy heifers." Preventive veterinary medicine vol. 51,1-2 (2001): 75-94. doi:10.1016/s0167-5877(01)00208-2
10. van der Vinne, Amanda N, Reggie Y. C. Lo and Patricia E. Shewen. "Construction and analysis of a Mannheimia haemolytica A1 luxS mutant." Veterinary microbiology 110 1-2 (2005): 53-66 .
11. Zhang M, Hill JE, Godson DL, Ngeleka M, Fernando C, Huang Y. The pulmonary virome, bacteriological and histopathological findings in bovine respiratory disease from western Canada. Transbound Emerg Dis. 2020 Mar;67(2):924-934. doi: 10.1111/tbed.13419. Epub 2019 Nov 24. PMID: 31715071; PMCID: PMC7168541.
12. Алиев А. Ю., Патенко А. В. Макролид в современной ветеринарной практике при лечении бронхопневмонии у телят // Эффективное животноводство. 2024. №6 (196) . URL: https://cyberleninka.ru/article/n/makrolid-v-sovremennoy-veterinarnoy-praktike-pri-lechenii-bronhopnevmonii-u-telyat (дата обращения: 27.02.2025).
13. Глотов А.Г., Терентьева Т.Е., Нефедченко А.В.. Гетерогенность пастерелл, выделенных от крупного рогатого скота на молочных комплексах. //Ветеринария. 2014. №12. С. 23-26, Гутова М.О., Петрова О.Г. Анализ эпизоотической ситуации при респираторных заболеваниях крупного рогатого скота инфекционной этиологии в сельскохозяйственных предприятиях Нижегородской области // Международный аграрный научный журнал «Молодежь и наука2016». 2016. №4
14. Желябовская Д. А., Остякова М. Е.,

Шульга И. С., Почтарь В. А. Этиологическая структура патогенных энтеробактерий новорожденных телят и их резистентность к антимикробным препаратам // Вестник ДВО РАН. 2018. №3 (199). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/etiologicheskaya-struktura-patogennyh-enterobakteriy-novorozhdennyh-telyat-i-ih-rezistentnost-k-antimikrobnym-preparatam (дата обращения: 27.02.2025).
15. Кострова, Е. С. Основные характеристики методики определения антител к Mannheimia haemolytica в сыворотке крови крупного рогатого скота иммуноферментным методом / Е. С. Кострова, О. П. Бьядовская, О. В. Прунтова // Достижения молодых ученых в ветеринарную практику : материалы IV Международной научной конференции, посвященной 55-летию аспирантуры ФГБУ «ВНИИЗЖ», Владимир, 06 декабря 2016 года. – Владимир: Федеральное государственное учреждение "Федеральный центр охраны здоровья животных", 2016. – С. 159-164.
16. Лавриненко А. В. Вирулентный Acinetobacter baumannii // Медицина и экология. 2019. №3 (92). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/virulentnyy-acinetobacter-baumannii (дата обращения: 27.02.2025).
17. Мангутов Э. О., Харсеева Г. Г., Алутина Э.Л. corynebacterium spp. - проблемные патогены респираторного тракта человека (обзор литературы) // Клиническая лабораторная диагностика. 2021. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/corynebacterium-spp-problemnye-patogeny-respiratornogo-trakta-cheloveka-obzor-literatury (дата обращения: 27.02.2025).
18. Митрохин С. Д. Азитромицин: обоснованность применения в терапии различной инфекционной патологии // Трудный пациент. 2009. №4-5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/azitromitsin-obosnovannost-primeneniya-v-terapii-razlichnoy-infektsionnoy-patologii (дата обращения: 10.02.2025).
19. Петровская Татьяна Александровна, Тапальский Дмитрий Викторович Влияние антибиотиков разных групп на возникновение мутационной устойчивости к колистину у klebsiella pneumoniae // КМАХ. 2021. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-antibiotikov-raznyh-grupp-na-vozniknovenie-mutatsionnoy-ustoychivosti-k-kolistinu-u-klebsiella-pneumoniae (дата обращения: 27.02.2025).
20. Постановление Правительства РФ "Об утверждении Правил создания, пополнения, ведения и использования коллекций патогенных микроорганизмов и вирусов, а также Правил создания и ведения национального каталога коллекционных штаммов патогенных микроорганизмов и вирусов" от 30.09.2021 № 1668 // Официальный интернет-портал правовой информации
21. Практикум по общей микробиологии / А. А. Сухинин, Н. П. Тулева, И. В. Белкина [и др.]; Сухинин А. А., Тулева Н. П., Белкина И. В., Смирнова Л. И., Бакулин В. А., Приходько Е. И., Макавчик С. А. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2014. – 104 с. – EDN WLTMOL.
22. Сергеева Н.Н., & Дедкова А.И. (2021). Эффективность различных схем лечения бронхопневмонии телят. Вестник аграрной науки, (5 (92)), 64-68
23. Чеботарь Игорь Викторович, Маянский А. Н., Маянский Н. А. Матрикс микробных биопленок // КМАХ. 2016. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/matriks-mikrobnyh-bioplenok (дата обращения: 30.11.2024).
24. Шульга И. С., Остякова М. Е. Перспектива снижения антибиотикорезистентности с помощью растительных лекарственных средств у escherichia coli // Вестник ОрелГАУ. 2024. №3 (108). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektiva-snizheniya-antibiotikorezistentnosti-s-pomoschyu-rastitelnyh-lekarstvennyh-sredstv-u-escherichia-coli (дата обращения: 27.02.2025).
25. Щербаков Павел Николаевич, Степанова Ксения Вадимовна, Журавель Нина Александровна Применение иммуностимулирующей терапии при респираторной патологии телят разных половозрастных

групп // Известия ОГАУ. 2023. №2 (100). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-immunostimuliruyuschey-terapii-pri-respiratornoy-patologii-telyat-raznyh-polovozrastnyh-grupp (дата обращения: 27.02.2025).

REFERENCES

1. Almuzara M, Cittadini R, Estraviz ML, Ellis A, Vay C. First report of Comamonas kerstersii causing urinary tract infection. New Microbes New Infect. 2018 Mar 20;24:4-7. doi: 10.1016/j.nmni.2018.03.003. PMID: 29922468; PMCID: PMC6004729.

2. Fernández Cuenca F, Pascual A, Martínez Martínez L, Perea EJ. Actividad in vitro de azitromicina frente a aislamientos clínicos de Acinetobacter baumannii [In vitro activity of azithromycin against clinical isolates of Acinetobacter baumannii]. Rev Esp Quimioter. 2003 Jun;16(2):204-8. Spanish. PMID: 12973458.

3. Mohan B, Zaman K, Anand N, Taneja N. Aerococcus Viridans: A Rare Pathogen Causing Urinary Tract Infection. J Clin Diagn Res. 2017;11(1):DR01-DR03. doi:10.7860/JCDR/2017/23997.9229

4. Nicola I, Cerutti F, Grego E, Bertone I, Gianella P, D'Angelo A, Peletto S, Bellino C. Characterization of the upper and lower respiratory tract microbiota in Piedmontese calves. Microbiome. 2017 Nov 21;5(1):152. doi: 10.1186/s40168-017-0372-5. PMID: 29157308; PMCID: PMC5697440.

5. Peculiarities of respiratory pathology of young cattle in the lower volga region Russian federation / I. I. Kalyuzhny, I. A. Nikulin, A. M. Gertman [et al.] // International Journal of Re-search in Pharmaceutical Sciences. – 2020. – Vol. 11, No. 2. – P. 2360–2364.

6. Pickering J, Teo TH, Thornton RB, Kirkham LA, Zosky GR, Clifford HD. Bacillus licheniformis in geogenic dust induces inflammation in respiratory epithelium. Environ Res. 2018;164:248-254. doi:10.1016/j.envres.2018.02.025

7. Ramirez-Olea H, Reyes-Ballesteros B, Chavez-Santoscoy RA. Potential application of the probiotic Bacillus licheniformis as an adjuvant in the treatment of diseases in humans and animals: A systematic review. Front Microbiol. 2022 Sep 26;13:993451. doi: 10.3389/fmicb.2022.993451. PMID: 36225361; PMCID: PMC9549136.

8. Shubina T.P. Bronchopneumonia of calves and methods of its treatment / T.P. Shubina, D.V. Gerasimenko, A.Y. Silaykina // Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2024. — №4 (142) . — URL: https://research-journal.org/archive/4-142-2024-april/10.23670/IRJ.2024.142.7 (accessed: 24.11.2024). — DOI: 10.23670/IRJ.2024.142.7

9. van der Fels-Klerx, H J et al. "An economic model to calculate farm-specific losses due to bovine respiratory disease in dairy heifers." Preventive veterinary medicine vol. 51,1-2 (2001): 75-94. doi:10.1016/s0167-5877(01)00208-2

10. van der Vinne, Amanda N, Reggie Y. C. Lo and Patricia E. Shewen. "Construction and analysis of a Mannheimia haemolytica A1 luxS mutant." Veterinary microbiology 110 1-2 (2005): 53-66 .

11. Zhang M, Hill JE, Godson DL, Ngeleka M, Fernando C, Huang Y. The pulmonary virome, bacteriological and histopathological findings in bovine respiratory disease from western Canada. Transbound Emerg Dis. 2020 Mar;67(2):924-934. doi: 10.1111/tbed.13419. Epub 2019 Nov 24. PMID: 31715071; PMCID: PMC7168541.

12. Aliev A. Y., Patenko A. V. Macrolide in modern veterinary practice in the treatment of bronchopneumonia in calves // Effective animal husbandry. V. Macrolide in modern veterinary practice in the treatment of bronchopneumonia in calves // Effective animal husbandry. 2024. №6 (196) . URL: https://cyberleninka.ru/article/n/makrolid-v-sovremennoy-veterinarnoy-praktike-pri-lechenii-bronhopnevmonii-u-telyat (date of reference: 27.02.2025). (In Russ.)

13. Glotov A.G., Terentyeva T.E., Nefedchenko A.V.. Heterogeneity of Pasteurella isolated from cattle at dairy complexes. //Veterinary. 2014. №12. C. 23-26, Gutova M.O., Petrova O.G. Analysis of the epizootic situation in respiratory diseases of cattle of infectious etiology in agricultural

enterprises of Nizhny Novgorod region // International Agrarian Scientific Journal 'Youth and Science2016'. 2016. №4 (In Russ.)
14. Zhelyabovskaya D. A., Ostyakova M. E., Shulga I. S., Pochtar V. A. Ethiological structure of pathogenic enterobacteries of newly born children and their resistance to antimicroban preparates // Vestnik DVO RAN. 2018. №3 (199). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/etiologicheskaya-struktura-patogennyh-enterobakteriy-novorozhdennyh-telyat-i-ih-rezistentnost-k-antimikrobnym-preparatam (date of access: 27.02.2025). (In Russ.)
15. Kostrova, E. S. Main characteristics of the methodology of determination of antibodies to Mannheimia haemolytica in blood serum of cattle by enzyme immunoassay method / E. S. Kostrova, O. P. Byadovskaya, O. V. Pruntova // Achievements of young scientists in veterinary practice : proceedings of the IV International scientific conference dedicated to the 55th anniversary of postgraduate studies of FGBU 'VNIIZZh', Vladimir, 06 December 2016. - Vladimir: Federal State Institution 'Federal Centre for Animal Health Protection', 2016. - C. 159-164. (In Russ.)
16. Lavrinenko A. B. Virulent Acinetobacter baumannii // Medicine and Ecology. 2019. №3 (92). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/virulentnyy-acinetobacter-baumannii (date of reference: 27.02.2025). (In Russ.)
17. Mangutov Erdem Ochanovich, Kharseeva Galina Georgievna, Alutina Elvira Lvovna Corynebacterium spp. - problem pathogens of the human respiratory tract (literature review) // Clinical Laboratory Diagnostics. 2021. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/corynebacterium-spp-problemnye-patogeny-respiratornogo-trakta-cheloveka-obzor-literatury (date of reference: 27.02.2025). (In Russ.)
18. Mitrokhin S. D. Azithromycin: validity of use in the therapy of various infectious pathologies // Difficult Patient. 2009. №4-5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/azitromitsin-obosnovannost-primeneniya-v-terapii-razlichnoy-infektsionnoy-patologii (date of address: 10.02.2025). (In Russ.)
19. Petrovskaya Tatyana Aleksandrovna, Tapalsky Dmitry Viktorovich Impact of antibiotics of different groups on the incidence of mutation stability to colistin in klebsiella pneumoniae // KMAH. 2021. №2. (In Russ.)
20. Resolution of the Government of the Russian Federation 'On Approval of the Rules for the creation, replenishment, maintenance and use of collections of pathogenic microorganisms and viruses, as well as the Rules for the creation and maintenance of the national catalogue of collection strains of pathogenic microorganisms and viruses' from 30.09.2021 No. 1668 // Official Internet Portal of Legal Information (In Russ.)
21. Practicum on general microbiology / A. A. Sukhinin, N. P. Tuleva, I. V. Belkina [et al]; Sukhinin A. A., Tuleva NP. A., Tuleva N. P., Belkina I. V., Smirnova L. I., Bakulin V. A., Prikhodko E. A., Prikhodko E. I., Makavchik S. A. - St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2014. - 104 c. (In Russ.)
22. Sergeeva, N. N., & Dedkova, A. I. (2021). Effectiveness of different treatment regimens for calf bronchopneumonia. Vestnik agrarnoi nauki, (5 (92)), 64-68 (In Russ.)
23. Chebotar Igor Viktorovich, Mayansky A. N., Mayansky N. A. Matrix of microbial biofilms // KMAH. 2016. №1. (In Russ.)
24. Shulga I. S., Ostyakova M. E. Perspectives of reducing antibiotique resistance with herbal medications in escherichia coli // Vestnik OrelGAU. 2024. №3 (108). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektiva-snizheniya-antibiotikorezistentnosti-s-pomoschyu-rastitelnyh-lekarstvennyh-sredstv-u-escherichia-coli (date of reference: 27.02.2025). (In Russ.)
25.Shcherbakov Pavel Nikolaevich, Stepanova Ksenia Vadimovna, Zhuravel Nina Aleksandrovna Application of immunosticmular therapy in respiratory pathology of children of different age groups // Izvestiya OGAU. 2023. №2 (100). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-immunostimuliruyuschey-terapii-pri-respiratornoy-patologii-telyat-raznyh-polovozrastnyh-grupp (date of reference: 27.02.2025). (In Russ.)

УДК: 619:616.34
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.68

ПАТОГЕНЕЗ ПАНЛЕЙКОПЕНИИ КОШЕК И ПРОГНОЗ СЕПТИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПО БАЛЛЬНОЙ ШКАЛЕ SAPS

Лаптев С.В. – канд. биол. наук, доц. каф. эпизоотологии и организации ветеринарного дела (ORCID 0000-0002-3023-6976); **Иванникова Р.Ф.**[*] – канд. биол. наук, доц. каф. физиологии, фармакологии и токсикологии (ORCID: 0000-0002-3522-0447); **Бочаров Р.В.** – асп. каф. эпизоотологии и организации ветеринарного дела (ORCID 0009 -0005-7054-4956).

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина»
(ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина)

[*] regiotf@yandex.ru

Ключевые слова*: кошки, панлейкопения, патогенез, прогноз, сепсис, упрощенная шкала оценки физиологических нарушений (SAPS).*

Key worlds: *cats, panleukopenia, pathogenesis, prognosis, sepsis, simplified simplified scale of assessment of physiological (SAPS).*

Поступила: 20.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты исследований больных панлейкопенией кошек, проведенных на кафедре эпизоотологии и организации ветеринарного дела Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина» и в ветеринарной клинике «Зоомедик» города Москвы. В задачу исследования входило внедрение автоматизированных методов балльной оценки SAPS для прогнозирования исхода заболевания на основе выявления гематологических и биохимических изменений в крови больных кошек. Для исследования проводили наблюдения и оценку физиолого-биохимических изменений на основе лабораторных данных кошек с панклекопенией (n=10). Диагноз ставили комплексно – с учетом анамнестических, клинических и лабораторных (ПЦР-тесты на наличие вируса панлейкопении) данных. Панлейкопения может часто приводить к осложнениям и гибели животных, поэтому своевременное прогнозирование возможных септических процессов на основе различных данных на раннем этапе является актуальной задачей. В качестве группы сравнения использовали клинически здоровых животных (n=10). Нарушение адекватного ответа иммунной системы на патогены приводит к многофакторным патологическим изменениям в организме животного и сопровождается лихорадкой и депрессией, а также изменением функции форменных элементов крови, такими как снижение количества тромбоцитов, эритроцитопенией, изменением гематокрита и лейкоформулы,

что связано с развитием воспалительной реакции. При оценке биохимических показателей сыворотки крови нами было установлено повышение аланин- и аспартатаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, изменение уровня мочевины и билирубина, связанное с воспалительным процессом, интоксикацией и обезвоживанием. В основе патогенеза лежит дисбаланс между интенсивным воспалением и иммунным ответом. Развитие вторичного иммунодефицита приводит к различным отклонениям. Корреляционно-регрессионный анализ подтвердил надежность и значимость оценок по шкале SAPS. Выявлена прямая корреляция между изучаемыми признаками («Общий балл по шкале SAPS – исход заболевания»), причем связь между ними была статистически значимой (P=0,046075). Летальность кошек в нашем исследовании составила 40 %.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Возбудитель панлейкопении кошек (FPV) — это безмембранный ДНК-содержащий вирус, относящийся семейству Parvoviridae. Заболевание распространено на всех континентах и вызывает высокую смертность среди домашних кошек. Патоген передается при прямом контакте с выделениями инфицированных животных, включая фекалии, кровь и мочу. Существует также вертикальный путь передачи [1-4, 17].

В популяциях, где парвовирусы циркулируют постоянно, новые случаи заболевания возникают в основном у молодых животных, которые заражаются после снижения титра колостральных антител [6]. Вирус тропичен к лимфатической ткани, костному мозгу, кишечному эпителию вторичной крипты и другим активно делящимся клеткам котят [7]. Первичным местом репликации вируса являются кишечные крипты из-за их высокой митотической активности, что приводит к тяжелому энтериту и диарее. Лимфоидная ткань также поражается вирусом, что приводит к панцитопении [14, 15].

Развитие клинической картины напрямую зависит от возраста животного. У новорожденных котят вирус реплицируется в различных тканях и часто вызывает нервные расстройства. У старых животных репликация вируса ограничивается лимфоидными клетками и клетками тонкого кишечника и вызывает преходящую панлейкопению и диарею [12].

Заболевание FPV, характеризующаяся поражением кишечника, обезвоживанием, интоксикацией и лейкопенией [8], часто приводит к септическим осложнениям [9]. Поэтому своевременное прогнозирование, связанное с развитием панлейкопенического сепсиса у кошек, актуально [11,13]. Научное прогнозирование состоятельно при стабильности результатов объекта исследования. Разработка прогнозов может быть методологически разнообразной и должна иметь прикладные особенности [10, 16].

Статистика прогноза исхода заболевания актуальна только в первые дни болезни, поскольку при успешном лечении выживаемость животных можно повысить в несколько раз [10]. Для объективного прогноза необходима адекватная система, в качестве которой может служить балльная оценка состояния животного по шкале SAPS. Модель SAPS (Simplified Acute Physiology Score) – упрощенная шкала оценки физиологических расстройств, представляет собой концептуальную основу для понимания сепсиса. Данная модель непосредственно протестирована как в исследовательской лаборатории, так и в ходе клинических испытаний для определения практической ценности и клинической значимости этой новой схемы. Формула SAPS может использоваться в прогностике осложнений у животных [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование 14 котят и 6 взрослых кошек (10 животных с панлейкопенией в качестве опытной группы и 10 клинически здоровых животных в качестве контрольной группы, подобранных по полу и возрасту) проводили на кафедре эпизоотологии и организации ветеринарного дела и в ветеринарной клинике «Зоомедик». Общие клинические и биохимические показатели контрольной группы были физиологически нормальными, средняя

оценка по шкале SAPS равна 0. Диагноз на вирусное заболевание в опытной группе был подтвержден клиническими признаками болезни – апатией, рвотой, диареей, исследованиями крови, ПЦР-тестами на наличие вируса панлейкопении кошек.

В ходе исследования наблюдали за физиологическими и биохимическими изменениями и оценивали лабораторные данные котят и взрослых кошек с панлейкопенией (n=10). Возраст пациентов варьировал от 2 месяцев до 7,5 лет. В эту группу вошли такие породы, как скоттиш-фолд, тайская, британская короткошерстная и метисы. Все котята и взрослые кошки находились в районе Ленинского проспекта Москвы. Котенок №1 (порода: метис) - возраст 2 месяца, невакцинирован, выздоровел. Котенок №2 (порода: метис) - возраст 3 месяца, невакцинирован, выздоровел. Котенок № 3 (порода: метис) - возраст 3 месяца, невакцинирован, летальный исход. Котенок № 4 (порода: скоттиш-фолд) - возраст 10 месяцев, невакцинирован, выздоровел. Котенок № 5 (порода: метис) - 9 месяцев, невакцинирован, выздоровел. Котенок № 6 (порода: метис) - возраст 6 месяцев, невакцинирован, летальный исход. Котенок № 7 (порода: метис) - возраст 10 месяцев, невакцинирована, летальный исход. Кошка №8 (порода: тайская) - возраст 2 года 9 месяцев, вакцинирована 2 раза препаратом Мультифел-4, выздоровела. Кошка № 9 (порода: британская короткошерстная), возраст 7,5 лет, вакцинирована ежегодно препаратом Нобивак, выздоровела. Кошка № 10 (порода: метис) - возраст 2 года 9 месяцев, невакцинирована, летальный исход.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

У 5 котят и одной взрослых кошек больных панлейкопенией наблюдалась лейкопения 0,34-4,2x10^9/л (от 1 до 4 баллов по шкале SAPS), причем у котят № 2 и 3 на 3-5 день болезни отмечалась дальнейшая тенденция к снижению количества лейкоцитов до 4 баллов.

Снижение тромбоцитов до 8-58x10^9/л отмечалась у 3 котят (при первичном исследовании) с последующим охватом на 3 –5 день болезни 5 котят. Подобные изменения характерны для котят на фоне вирусного поражения красного костного мозга.

У двух котят (возраст до 3 месяцев) наблюдалось снижение количества эритроцитов, связанное с ювенильной анемией.

При первичном исследовании гематокрит у трех животных был в пределах 21,3–25,1%, что на 1–2 балла ниже нормы, по-видимому, из-за потери крови при вирусном повреждении слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).

У взрослой кошки № 10 не удалось подсчитать лейкоцитарную формулу на момент постановки первоначального диагноза из-за очень низкого уровня лейкоцитов в крови 0,34x10^9/л.

В таблицах 1 и 2 в баллах по шкале SAPS отражены основные результаты анализов крови у котят и кошек с панлейкопенией трех возрастных групп.

При первичном анализе лейкоцитарной формулы процент нейтрофилов был повышен на 1 балл (82–93%) у 3 животных, а у котенка № 6 был снижен до 9% вследствие дегенерации нейтрофилов при интоксикации. Снижение процента лимфоцитов до 6–12%, отмеченное у котят № 3 и № 4, связано с поражением красного костного мозга и иммунных органов (селезенки, тимуса). Первичный мононуклеоз (6–20%) регистрировали у 2 котят и 2 взрослых кошек.

Биохимический анализ крови у 5 животных при поступлении в клинику показал повышение аланинаминотрансферазы (АлАТ) на 1–3 балла (101–145 U/L), что свидетельствует о повреждении и разрушении тканей.

Аспартатаминотрансфераза (АсАТ) была повышена на 1–3 балла (51–149 U/L) у пяти пациентов на момент первичного анализа, что указывало на некроз печени или мышечных клеток, а также возможное повреждение их гепатобилиарной системы.

Таблица 1 – Исходные показатели крови кошек больных панлейкопенией при поступлении в клинику

Показатели	Баллы									
	Котята							Взрослые кошки		
Номера животных	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лейкоциты, $x10^9$/л	4	3	2	0	1	0	4	0	0	4
Эритроциты, $x10^{12}$/л	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Тромбоциты, $x10^9$/л	0	2	0	0	3	0	1	0	0	0
Гематокрит, %	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Эозинофилы, %	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0,5
Нейтрофилы палочкоядерные, %	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0,5
Нейтрофилы сегментоядерные, %	0	0	1	1	0	2	0	1	0	0,5
Лимфоциты, %	0	0	1	3	0	3	0	0	0	0,5
Моноциты, %	0	0	2	0	2	0	0	2	2	0,5
АлАТ, U/L	3	3	1	0	0	0	0	3	0	2
АсАТ, U/L	1	3	0	0	0	0	3	1	0	1
Щелочная фасфотаза, U/l	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
Мочевина, ммоль/л	0	1	0	0	0	4	1	0	0	1
Креатинин, ммоль/л	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Общий белок, г/л	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Альбумин, г/л	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Билирубин общ., мкмоль/л	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Балл по шкале SAPS	11	15	11	10	9	15	12	7	5	12
Исход заболевания	В	В	Л	В	В	Л	Л	В	В	Л

Примечание: В – выздоровление Л – летальный исход.

Таблица 2 – Показатели крови кошек больных панлейкопенией на 3–5 день после поступления в клинику

Показатели	Баллы									
	Котята							Взрослые кошки		
Номера животных	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лейкоциты, $x10^9$/л	3	4	4	0	0	1	4	0	0	4
Тромбоциты, $x10^9$/л	0	1	4	0	4	4	3	0	0	0
Гематокрит, %	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0
АлАТ, U/L	0	3	3	1	0	0	1	0	1	3
АсАТ, U/L	0	3	1	0	0	0	4	0	4	2
ЩФ, U/l	0	4	3	0	4	0	0	0	0	0
Мочевина, ммоль/л	1	1	1	1	1	0	2	0	0	3
Общий белок, г/л	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0
Альбумин, г/л	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
Исход заболевания	В	В	Л	В	В	Л	Л	В	В	Л

Примечание: В – выздоровление Л – летальный исход.

У трех животных на момент первичного осмотра наблюдалось снижение мочевины, что объяснялось низким уровнем усвоения и переваривания белка в организме из-за заболевания печени. У котенка № 2 наблюдалось повышение мочевины, которое указывало на снижение функции почек и усилило токсическое воздействие на организм. При повторном анализе у котят № 1, 3, 4, 5 и 7 отмечали повышение уровня мочевины, связанное с сильной токсичностью, нарушением функции почек и нарастающим обезвоживанием.

У котенка № 6 на момент постановки первоначального диагноза креатинин был снижен на 4 балла (16,8 ммоль/л), при поступлении он едва мог передвигаться. На фоне сниженного метаболизма выработка креатинина была ниже нормы.

У котенка № 3 и кошки № 9 общий белок был повышен вследствие обезвоживания, воспаления и инфекции. У кошки № 10 общий белок был снижен, что указывает на повреждение слизистой оболочки ЖКТ, увеличение проницаемости сосудов и выпотевание общего белка в брюшную полость.

При первоначальной постановке диагноза у котят № 3, 6 и кошки № 9 наблюдалось повышение показателей альбумина, связанное с воспалительным процессом и состоянием обезвоживания.

Щелочная фосфатаза в первичных пробах была повышена у котенка № 2 и кошки № 9. В исследовании на 3–5 день болезни у котят № 2, 3 и 5 щелочная фосфатаза повысилась на 3-4 балла (122-330 U/l), что характерно для развития бактериальной инфекции ЖКТ.

В первом исследовании у котенка № 5 общий билирубин был немного повышен. При повторном исследовании на 3–5 день болезни у котят № 6 и 7 общий билирубин повысился, в то время как у котенка № 5 общий билирубин пришел в норму.

В таблице 3 представлены результаты корреляционно-регрессионного анализа.

Таблица 3 – Показатели статистической значимости прогноза по шкале SAPS методом корреляционно-регрессионного анализа

Статистические показатели	Баллы SAPS – Исход (при первичном обследовании)	Баллы SAPS – Исход (на 5-й день болезни)
Коэффициент корреляции (r)	0.650	0.762
Связь между исследуемыми признаками	прямая	прямая
Теснота (сила) связи по шкале Чеддока	заметная	Высокая
t-критерий Стьюдента	2.420	3.333
Критическое значение t-критерия Стьюдента	2.306	2.306
Статистическая зависимость признаков	p=0.046075	p=0.012537
Коэффициент детерминации (r^2)	0.423	0.581

Проведенный анализ показал прямую статистически значимую связь (p=0,046075) между оценкой по шкале SAPS и исходом заболевания.

Таким образом, у двух котят (№ 3 и 4) в первичном анализе наблюдалась лимфоцитопения, а в динамическом анализе показатель восстанавливался в пределах физиологических норм. В первичном анализе у двух котят и всех кошек наблюдалось увеличение количества моноцитов.

Биохимический анализ выявил у большинства больных панлейкопенией животных повышенное содержание аминотрансфераз. Уровень мочевины также имел тенденцию к увеличению на 3–5

день болезни у шести котят, однако у одной кошки, которая впоследствии умерла, отмечалось резкое снижение уровня мочевины. Уровень общего белка изменялся в течение болезни в сторону повышения у трех котят и одной кошки, однако у двух котят отмечено его снижение ниже физиологической нормы на 1–2 балла. Содержание альбумина в сыворотке крови имело тенденцию к повышению в течение болезни у четырех котят и одной кошки. Отмечено резкое увеличение щелочной фосфатазы у трех котят, один из которых впоследствии умер.

В заключение следует отметить, что надежность прогнозирования заболевания у кошек и собак, выявленная в данном исследовании и в ранее опубликованных работах [5, 10, 12, 14, 16], достаточно высока, поэтому мы рекомендуем использовать показатель SAPS в ветеринарной практике.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

1. Летальный исход наблюдался у 4 пациентов экспериментальной группы, состоящей из 10 животных в том числе 7 невакцинированных котят в возрасте от 2 до 10 месяцев пород метис и скоттиш-фолд; 3 взрослых кошек в возрасте от 2 лет 9 месяцев до 7,5 лет пород тайская (вакцинированная), британская короткошерстная (вакцинированная) и метис (невакцинированная). Четыре из семи котят в нашем исследовании выжили, летальный исход наблюдался у невакцинированных котят возрастом 3, 6 и 10 месяцев. Две вакцинированные кошки выжили, а одна невакцинированная (метис) умерла.

2. Для демонстрации надежности и значимости оценок по шкале SAPS был проведен корреляционно-регрессионный анализ. Связь между изучаемыми признаками («Общий балл по шкале SAPS - исход заболевания») была прямой, теснота связи по шкале Чеддока была значимой, а зависимость признаков была статистически значимой (p=0,046075).

PATHOGENESIS OF FELINE PANLEUKOPENIA AND PROGNOSIS OF SEPTIC COMPLICATIONS ON THE SAPS SCORE SCALE

Laptev S. V. – Candidate of Biology, Associate Professor of Epizootology and Organization of Veterinary Medicine (ORCID: 0000-0002-3023-6976); **Ivannikova R. F.*** – Associate Professor of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology, Candidate of Biological Sciences (ORCID: **0000-0002-3522-0447**); **Bocharov R. V.** – student of the Faculty of Veterinary Medicine (ORCID: 0009-0005-7054-4956)

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin

*regiotf@yandex.ru

ABSTRACT

The article presents the results of studies of cats with panleukopenia conducted at the Department of Epizootology and Organization of Veterinary Medicine of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin" and at the "Zoomedic" Veterinary Clinic in Moscow. The aim of the study was to introduce automated SAPS scoring methods to predict the outcome of the disease based on the detection of hematological and biochemical changes in the blood of diseased cats. For the study, observations and assessment of physiological and biochemical changes were carried out based on laboratory data from cats with pancreas (n=10). The diagnosis was made comprehensively, taking into account anamnestic, clinical and laboratory data (PCR tests for the presence of panleukopenia virus). Panleukopenia can often lead to complications and death of animals, therefore, timely prediction of possible septic processes based on various data at an early stage is relevant. Clinically healthy animals (n=10) were used as a comparison group. Violation of the adequate response of the immune system to pathogens leads to multi-

factorial pathological changes in the animal's body and is accompanied by fever and depression, as well as changes in the function of blood cells, such as a decrease in platelet count, erythrocytopenia, changes in hematocrit and leukoformula, which is associated with the development of an inflammatory reaction. When assessing the biochemical parameters of blood serum, we found an increase in alanine and aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, and changes in urea and bilirubin levels associated with inflammation, intoxication, and dehydration. The pathogenesis is based on the imbalance between intense inflammation and immune response. The development of secondary immunodeficiency leads to various abnormalities. Correlation and regression analysis confirmed the reliability and significance of SAPS scores. A direct correlation was found between the studied traits ("Total SAPS scale score – disease outcome"), and the relationship between them was statistically significant (P=0.046075). The lethality of cats in our study amounted to 40%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Clegg SR, Coyne KP, Dawson S, Spibey N, Gaskell RM, Radford AD. Canine parvovirus in asymptomatic feline carriers. Vet Microbiol. 2012 May 25;157(1-2):78-85. doi: 10.1016/j.vetmic.2011.12.024. Epub 2011 Dec 24. PMID: 22257775. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22257775/

2. Siegl G, Bates RC, Berns KI, Carter BJ, Kelly DC, Kurstak E, Tattersall P. Characteristics and taxonomy of Parvoviridae. Intervirology. 1985;23(2):61-73. doi: 10.1159/000149587. PMID: 3980186. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3980186/

3. Leisewitz, A. L. Canine and feline parvovirus infection / A. L. Leisewitz USA: Elsevier, 2017. – P. 991–996. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37546230/

4. Feline panleukopenia virus DNA shedding following modified live virus vaccination in a shelter setting / L. S. Jacobson, K. J. Janke, K. Ha [et al.] // Veterinary Journal. – 2022. – Vol. 279. – P. 105783. – DOI 10.1016/j.tvjl.2021.105783. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57512271

5. Prognosis of purulent-septic pathologies in veterinary propaedeutics of generalization of bacterioses on a dog model / Sv. Laptev, Nv. Pimenov, Sn. Marzanova, Ku. Permyakova // E3S Web of Conferences, Bishkek, 21 ноября 2022 года. Vol. 380. – Bishkek: EDP Sciences, 2023. – P. 01010. – DOI 10.1051/e3sconf/202338001010. – EDN SIMVKL. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55083762

6. Rehme T, Hartmann K, Truyen U, Zablotski Y, Bergmann M. Feline Panleukopenia Outbreaks and Risk Factors in Cats in Animal Shelters. Viruses. 2022 Jun 8;14 (6):1248. doi: 10.3390/v14061248. PMID: 35746719; PMCID: PMC9227120. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35746719/

7. Uttenthal A, Lund E, Hansen M. Mink enteritis parvovirus. Stability of virus kept under outdoor conditions. APMIS. 1999 Mar;107(3):353-8. PMID: 10223309. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10223309/

8. Бердюкова, И. В. Изучение клинических симптомов при панлейкопении у кошек на территории Донецкой Народной Республики / И. В. Бердюкова, П. А. Руденко // Ветеринария сегодня. – 2020. – № 2(33). – С. 122-126. – DOI 10.29326/2304-196X-2020-2-33-122-126. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43154377

9. Ермаков, В. В. Микроорганизмы, осложняющие течение панлейкопении у кошек в условиях Самарской области / В. В. Ермаков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 50-56. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23144196

10. Катионные белки гранулоцитов в прогностике гнойно-септических патологий в ветеринарной пропедевтике генерализации бактериозов / Н. В. Пименов, С. В. Лаптев, С. Н. Марзанова [и др.]. – Москва: Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2023. – 172 с. – ISBN

978-5-907672-71-0. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54915051
11. Лаптев, С. В. Некоторые аспекты трансплантации фекальной микробиоты для нормализации микробиома и предупреждения развития септических процессов у животных / С. В. Лаптев, С. Ю. Пигина, М. В. Селина // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2024. – № 3. – С. 23-31. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202403003. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65110600.
12. Лаптев, С. В. Прогноз септических патологий в ветеринарной пропедевтике на модели панлейкопении кошек / С. В. Лаптев, Н. В. Пименов, Х. С. Горбатова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2022. – № 11. – С. 52–58. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202211007. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49809037
13. Патогенез и маркеры сепсиса / С. В. Лаптев, Н. А. Татарникова, К. А. Сидорова, О. В. Новикова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35(198). – С. 182–197. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54778911
14. Рожина, О. И. Особенности динамики гематологических показателей кошек при панлейкопении / О. И. Рожина // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2015. – № 11. – С. 16-20. – EDN UJDZTX. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24181045
15. Тарасов, Д. А. биохимические показатели сыворотки крови у кошек при панлейкопении / Д. А. Тарасов, П. И. Барышников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(219). – С. 91-97. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-219-1-91-97. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50165398
16. Эвристические подходы к оценкам риска и прогнозам развития сепсиса у собак / С. В. Лаптев, Н. В. Пименов, С. Н. Марзанова [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 3. – С. 35–50. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.3.35. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54960706
17. Эпизоотологические данные по панлейкопении кошек в Российской Федерации / А. М. Киселев, С. В. Щербинин, М. С. Маннова, Т. С. Галкина // Ветеринарная патология. – 2023. – № 1(83). – С. 23-30. – DOI 10.23947/1682-5616-2023-22-23-30. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50739162

REFERENCES

1. Clegg SR, Coyne KP, Dawson S, Spibey N, Gaskell RM, Radford AD. Canine parvovirus in asymptomatic feline carriers. Vet Microbiol. 2012 May 25;157(1-2):78-85. doi: 10.1016/j.vetmic.2011.12.024. Epub 2011 Dec 24. PMID: 22257775. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22257775/
2. Siegl G, Bates RC, Berns KI, Carter BJ, Kelly DC, Kurstak E, Tattersall P. Characteristics and taxonomy of Parvoviridae. Intervirology. 1985;23(2):61-73. doi: 10.1159/000149587. PMID: 3980186. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3980186/
3. Leisewitz, A. L. Canine and feline parvovirus infection / A. L. Leisewitz USA: Elsevier, 2017. – P. 991–996. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37546230/
4. Feline panleukopenia virus DNA shedding following modified live virus vaccination in a shelter setting / L. S. Jacobson, K. J. Janke, K. Ha [et al.] // Veterinary Journal. – 2022. – Vol. 279. – P. 105783. – DOI 10.1016/j.tvjl.2021.105783. – EDN LWOLUE. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57512271
5. Prognosis of purulent-septic pathologies in veterinary propaedeutics of generalization of bacteria on a dog model / Sv. Laptev, Nv. Pimenov, Sn. Marzanova, Ku. Permyakova // E3S Web of Conferences, Bishkek, November 21, 2022. Vol. 380. – Bishkek: EDP Sciences, 2023. – P. 01010. – DOI 10.1051/e3sconf/202338001010. – EDN SIMVKL. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55083762
6. Rehme T, Hartmann K, Truyen U, Zablotski Y, Bergmann M. Feline Panleukopenia Outbreaks and Risk Factors in Cats in

Animal Shelters. Viruses. 2022 Jun 8;14 (6):1248. doi: 10.3390/v14061248. PMID: 35746719; PMCID: PMC9227120. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35746719/
7. Uttenthal A, Lund E, Hansen M. Mink enteritis parvovirus. Stability of virus kept under outdoor conditions. APMIS. 1999 Mar;107(3):353-8. PMID: 10223309. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10223309/
8. Berdyukova, I. V. The study of clinical symptoms in panleukopenia in cats on the territory of the Donetsk People's Republic / I. V. Berdyukova, P. A. Rudenko // Veterinary medicine today. – 2020. – № 2(33). – Pp. 122-126. – DOI 10.29326/2304-196X-2020-2-33-122-126. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43154377
9. Ermakov, V. V. Microorganisms complicating the course of panleukopenia in cats in the Samara region / V. V. Ermakov // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. – 2015. – No. 1. – pp. 50-56. – EDN TMMBTV. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23144196
10. Cationic proteins of granulocytes in the prognosis of purulent-septic pathologies in veterinary propaedeutics of generalization of bacterioses / N. V. Pimenov, S. V. Laptev, S. N. Marzanova [et al.]. – Moscow: Publishing House "SCIENTIFIC LIBRARY", 2023. – 172 p. – ISBN 978-5-907672-71-0. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54915051
11. Laptev, S. V. Some aspects of fecal microbiota transplantation for microbiome normalization and prevention of septic processes in animals / S. V. Laptev, S. Yu. Pigina, M. V. Selina // Veterinary medicine, animal science and biotechnology. – 2024. – No. 3. – pp. 23-31. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202403003. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65110600
12. Laptev, S. V. Prognosis of septic pathologies in veterinary propaedeutics on the model of feline panleukopenia / S. V. Laptev, N. V. Pimenov, H. S. Gorbatova // Veterinary medicine, animal science and biotechnology. - 2022. – No. 11. – pp. 52-58. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202211007. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49809037
13. Pathogenesis and markers of sepsis / S. V. Laptev, N. A. Tatarnikova, K. A. Sidorova, O. V. Novikova // Proceedings of the agricultural science of Taurida. – 2023. – № 35(198). – Pp. 182-197. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54778911
14. Rozhina, O. I. Features of the dynamics of hematological parameters of cats with panleukopenia / O. I. Rozhina // Agricultural sciences and the agro–industrial complex at the turn of the century. – 2015. - No. 11. – pp. 16-20. – EDN UJDZTX. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24181045
15. Tarasov, D. A. biochemical parameters of blood serum in cats with panleukopenia / D. A. Tarasov, P. I. Baryshnikov // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2023. – № 1(219). – Pp. 91-97. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-219-1-91-97. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50165398
16. Heuristic approaches to risk assessments and prognoses of sepsis in dogs / S. V. Laptev, N. V. Pimenov, S. N. Marzanova [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2023. – No. 3. – pp. 35-50. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.3.35. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54960706
17. Epizootological data on panleukopenia of cats in the Russian Federation / A.M. Kiselyov, S. V. Shcherbinin, M. S. Mannova, T. S. Galkina // Veterinary pathology. – 2023. – № 1(83). – Pp. 23-30. – DOI 10.23947/1682-5616-2023-22-23-30. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50739162

УДК: 577.175.14:618.19-002-02:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.77

ИНТЕРЛЕЙКИНЫ IL-1β и IL-10 КАК БИОМАРКЕРЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ТЕЧЕНИЯ ВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИНФЕКЦИОННЫХ МАСТИТАХ КОРОВ

Павлова В.С. – студ. 5 курса факультета ветеринарной медицины; **Комаров М.В.** – асп. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии; **Макавчик С.А.*** – д-р ветеринар. наук, доц., доц. каф. микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID 0000-0001-5435-8321); **Авдеенко В.С.** – д-р ветеринар. наук, проф. каф. генетических и репродуктивных биотехнологий (ORCID 0000-0001-6154-275X)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

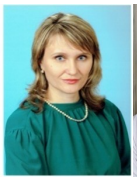
*groza81@mail.ru

Ключевые слова: *интерлейкин 1ß, интерлейкин 10, инфекционных мастит, воспаление, биомаркеры.*

Key words: *interleukin 1ß, interleukin 10, infectious mastitis, inflammation, biomarkers.*

Финансирование: *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00284, htts://rsct.ru/project/23-25-00284/*

Поступила: 25.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Инфекционный мастит у лактирующих коров является распространенным заболеванием, наносящим значительный экономический ущерб. При изучении проблемы инфекционного мастита наибольший интерес представляет оценка изменения иммунологических показателей молока и крови коров при возникновении и развитии воспалительного процесса в вымени, что необходимо для прогнозирования дальнейшего течения болезни. Своевременная диагностика и прогнозирование течения воспалительного процесса при инфекционных маститах позволяет существенно снижать наносимый экономический ущерб. Целью исследования является изучение интерлейкина 1ß и интерлейкин 10 и их соотношения, как диагностических биомаркеров для оценки степени тяжести течения инфекционных маститов. Анализ литературных данных и данных, полученных нами в ходе исследования, выявил, что концентрация интерлейкина 1ß и интерлейкина 10 в молоке коров может служить биомаркером для оценки степени тяжести инфекционного мастита. Для проведения исследований было сформировано три группы лактирующих коров. В каждую группу входило по 4 животного, группы были сформированы в зависимости от формы инфекционного мастита – группа здоровых коров, коров с субклиническим и коров с клиническим гнойным маститом. Полученные нами средние значения концентрации IL-1ß в молоке коров с клиниче-

ским маститом превышают концентрацию IL-1ß в молоке здоровых коров в 3,3 раза, коров с субклиническим маститом – в 3,7 раза. Показатель концентрации IL-10 в молоке у коров с субклиническим маститом превышает показатель здоровых животных в 1,2 раза, а показатель коров с клиническим маститом превышает показатель коров с субклиническим маститом в 2,7 раза. Впервые получены данные о возможности использования соотношения IL-1β/IL-10 для прогнозирования течения инфекционных маститов. Согласно полученным данным, при соотношении IL-1ß/IL-10 в молоке 1,8 и более инфекционные маститы приобретают хроническое рецидивирующее течение.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Инфекционный мастит у лактирующих коров является наиболее распространенным заболеванием, которое наносит огромный экономический ущерб животноводческим хозяйствам. По мнению ведущих ученых, при изучении проблемы мастита наибольший интерес представляет оценка динамики изменений иммунологических показателей крови коров при возникновении и развитии воспалительного процесса в вымени [3, 8, 9].

Существует ряд исследований, посвященных изучению динамики провоспалительных и противовоспалительных цитокинов при разных формах мастита. Так, было отмечено повышение уровня IL-1β при субклиническом мастите, что предполагает его роль на ранней стадии развития. Также в исследовании было отмечено резкое повышение уровня провоспалительных цитокинов IL-2, IL-6, TNF-α и IL -1β у дойных коров, страдающих клиническим маститом [1, 4].

Интерлейкины – сигнальные белки, относящиеся к группе цитокинов. Все интерлейкины подразделяются на группы по их основному действию: провоспалительные и противовоспалительные. К провоспалительным интерлейкинам относятся интерлейкины IL-1, IL-6, IL-8, к противовоспалительным – IL-4, IL-10. Концентрация цитокинов той или иной группы оказывает существенное влияние на течение и исход воспалительного процесса [3].

Интерлейкин 1 – провоспалительный цитокин, подразделяющийся на две фракции: IL-1α и IL-1β. Обуславливает развитие преимущественно местной воспалительной реакции [2]. IL-1β является основной формой секреторного IL-1. Его действие обусловлено связыванием со специфическими рецепторами клеток. Наиболее важной функцией IL-1 является активация Т-хелперов [7].

IL-1 индуцирует местное расширение сосудов, что обуславливает повышение местной температуры в очаге воспаления. На системном уровне IL-1 влияет на гипоталамус посредством простагландина Е, и вызывает общую гипертермию [5].

IL-10 является одним из наиболее важных противовоспалительных цитокинов. Основными клетками-мишенями IL-10 являются антигенпрезентирующие клетки, в меньшей степени он влияет на тучные клетки, В-лимфоциты, нейтрофилы, NK-клетки и др. IL-10 ингибирует синтез цитокинов Т-хелперов, подавляет синтез провоспалительных интерлейкинов [7, 10, 11].

Таким образом, IL-1 и IL-10 оказывают противоположное влияние на воспалительный процесс, следовательно, концентрация провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов в крови может служить маркером для оценки степени тяжести и стадии протекания воспалительного процесса [1, 6]. **Цель работы** – изучить интерлейкин 1ß и интерлейкин 10 и их соотношение как диагностические биомаркеры оценки степени тяжести течения воспалительного процесса при маститах коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для проведения исследований было сформировано три группы лактирующих коров, принадлежащих одному из хозяйств Новгородской области.

В первую группу (n=4) вошли клинически здоровые животные, во вторую (n=4) – коровы, больные субклиническим маститом (диагноз установлен с применением теста на мастит Kenotest), в третью

(n=4) – коровы, больные клиническим гнойным маститом (диагноз установлен на основании клинических признаков и подтвержден с применением теста на мастит Kenotest производства Сид Лайнс (CID Lines)). Субклинический мастит по тесту Kenotest (производство Сид Лайнс (CID Lines) отрицательный из непораженных долей вымени.

От всех животных были отобраны пробы молока и крови для определения концентрации интерлейкинов методом иммуноферментного анализа. Отбор проб молока проводился в стерильную посуду. Отбор проб крови осуществляли вакуумной системой для отбора крови из хвостовой артерии.

Первичные посевы проб делали на простые питательные среды – мясопептонный бульон (МПБ), мясопептонный агар (МПА) – и инкубировали в течение суток в термостате. После инкубации делали пересев на элективные и дифференциально-диагностические среды: среда желточно-солевой агар, молочно-солевой агар, среды для выделения энтеробактерий, кровяной агар для определения гемолиза, и инкубировали в течение 24-48 часов в термостате. Идентификация чистых культур клинически значимых бактерий с изучением морфологических, культурально-биохимических и патогенных свойств.

Для определения концентрации интерлейкинов использовали набор реактивов для ИФА (Sandwich ELISA) производства Cloud-Clone Corp.

Иммуноферментный анализ проводился согласно инструкции производителя набора (Cloud-Clone Corp). Для определения концентрации интерлейкинов использовали набор реактивов для ИФА производства Cloud-Clone Corp. Результаты анализа считывали с помощью ридера Microplate reader Type 357 (производитель Thermo Fisher Scientific Instruments Co.), обработка полученных данных проводила в программе CurveExpert Basic (версия 2.2.2) (Рис. 1).

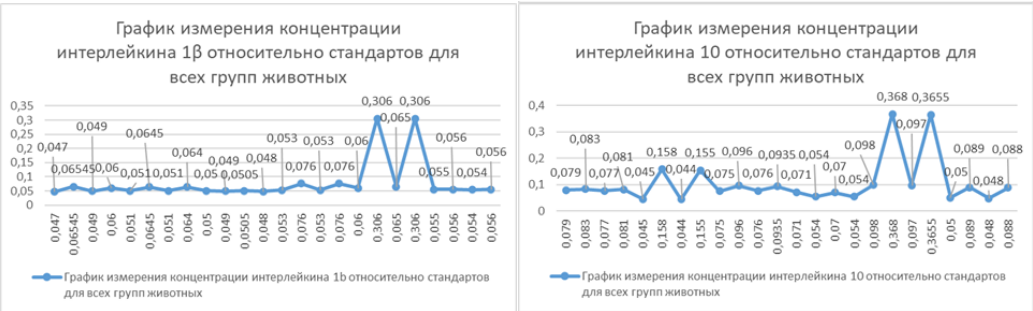


Рисунок 1 – График измерения концентрации интерлейкинов IL-1β и IL-10 относительно стандартов для всех исследуемых биологических проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ/ RESULTS

В результате исследования установлены колиформные маститы у коров в возрасте 6-7 лет, 5-6 лактации. Согласно предоставленным в хозяйстве данным, все коровы с клиническим и субклиническим маститом имеют хронический рецидивирующий мастит.

В исследуемых пробах были выделены и идентифицированы бактериологическим методом ассоциации бактерий семейства Enterobacteriaceae, видовое разнообразие включало в себя Escherichia. coli и Serratia marcescens.

Предлагаем впервые использовать соотношение IL-1β/IL-10 как биомаркер оценки степени тяжести течения воспалительного процесса при инфекционном мастите коров.

Согласно данным из таблицы 1, в группе здоровых животных концентрация IL-1β превышает концентрацию IL-10 в 2,6 раза в пробах молока и в 2,5 раза в пробах сыворотки крови. Разница в кон-

центрациях IL-1β в пробах молока и сыворотки крови в группе здоровых животных не превышает разницу в 1,03 раза. Разница в концентрациях IL-10 в пробах молока и сыворотки крови в группе здоровых животных не превышает разницу в 1,06 раза.

В группе животных с субклиническим маститом концентрация IL-1β превышает концентрацию IL-10 в 1,8 раза в пробах молока и в 3,2 раза в пробах сыворотки крови. Разница в концентрациях IL-1β в пробах молока и сыворотки крови внутри группы животных с субклиническим маститом не превышает разницу в 1,3 раза. Разница в концентрациях IL-10 в пробах молока и сыворотки крови внутри группы здоровых животных не превышает разницу в 1,4 раз.

В группе животных с клиническим маститом концентрация IL-1β превышает концентрацию IL-10 в 2,5 раза в пробах молока и в 2,6 раза в пробах сыворотки крови. Разница в концентрациях IL-1β в пробах молока и сыворотки крови, полученных внутри группы животных с клиническим маститом, не превышает разницу в 3,3 раза. Разница в концентрациях IL -10 в пробах молока и сыворотки крови, полученных от одного животного, не превышает разницу в 3,5 раза.

Согласно данным таблицы 1 средние значения концентрации IL-1ß в молоке коров с клиническим маститом превышают концентрацию IL-1ß в молоке здоровых коров в 3,3 раза. Различие в концентрации IL-1ß в молоке здоровых коров и коров с субклиническим маститом составляет различие в 1,1 раза. При этом подобная динамика для IL-1ß в сыворотке крови – согласно полученным нами данным показатель у коров с субклиническим маститом превышает показатель у здоровых животных в 1,1 раз, а показатель коров с клиническим маститом в 1,2 раза.

Показатель концентрации IL-10 в молоке у коров с субклиническим маститом превышает показатель здоровых животных в 1,2 раза, а показатель коров с клиническим маститом превышает показатель коров с субклиническим маститом в 2,7 раза. В сыворотке крови концентрация IL-10 у коров с субклиническим маститом меньше показателя у здоровых животных в 1,2 раза, а показатель коров с клиническим маститом превышает показатель коров с субклиническим маститом в 1,08 раза. Это позволило нам предположить, что IL-10 является возможным диагностическим биомаркером острой фазы воспаления при субклиническом и клиническом мастите.

Установлено, что *E. coli* обуславливает острую интрамаммарную инфекцию, хроническое течение характерно для реакции макроорганизма хозяина на *St. aureus, Mycoplasma bovis* [9, 10].

IL-1ß опосредованно влияет на выработку хемокинов и провоспалительных цитокинов, запускаемой липополисахаридами грамотрицательных бактерий. Его концентрация коррелирует с тяжестью воспаления и наличием патогенных микроорганизмов. Однако, IL-10 как противовоспалительный цитокин, который вырабатывается для подавления чрезмерной экспрессии провоспалительных цитокинов, в основном IL-1β и FNO-α, которые могут повреждать ткани и клетки, вызывать лихорадку. Его концентрация может возрастать, как компенсаторный механизм при хроническом воспалении [11].

Необходимо учитывать влияние ряда факторов на динамику уровня цитокинов в молоке здоровых и больных коров маститом. Уровень концентрации интерлейкинов может отличаться из-за видов патогенных микроорганизмов или даже комбинации различных патогенов, а также может зависеть от других триггерных факторов, таких как факторы окружающей среды, возраста животных, их породы, кормления. Современные исследования концентрации цитокинов могут помочь в оценке эффективности терапии продуктивных животных.

Таблица 1 – Средние концентрации IL-1β и IL-10 в молоке и сыворотке крови животных по группам

Интерлейкин	Молоко, пг/мл	Соотношение IL-1β/IL-10 в пробах молока	Сыворотка крови, пг/мл	Соотношение IL-1β/IL-10 в пробах сыворотки крови
Группа здоровых животных				
IL-1ß	129,4±0,33*	2,6	133,4±0,31*	2,5
IL-10	50,0±0,12*		53,0±0,14*	
Группа животных с субклиническим маститом				
IL-1ß	115,4±0,12*	1,8	149,7±0,4*	3,2
IL-10	62,7±0,25*		45,6±0,13*	
Группа животных с клиническим маститом				
IL-1ß	424,6±0,45*	2,5	128,2±0,21*	2,6
IL-10	171,5±0,23*		49,1±0,18*	

*Примечание: *p<0,05 – степень достоверности.*

ВЫВОДЫ/ CONCLUSION

В исследуемых пробах были выделены и идентифицированы бактериологическим методом ассоциации бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, видовое разнообразие включало в себя *Escherichia. coli* и *Serratia marcescens*. Концентрации IL-1ß и IL-10 можно рассматривать как информативный биомаркер при оценке тяжести течения процесса. Согласно полученным данным, при соотношении IL-1ß/ IL-10 в молоке 1,8 и более раз инфекционные маститы у лакирующихся коров приобретают хронические рецидивирующие течения.

В ходе исследования было установлено, что концентрация IL-1β в молоке здоровых животных превышает концентрацию IL-1β в молоке животных с субклиническим маститом в 1,1 раза. Данное превышение может объясняться наличием местных воспалительных процессов молочной железы исследуемых коров неинфекционной этиологии. В сыворотке крови здоровых коров, концентрация IL-1β незначительно превышает концентрацию IL-1β в сыворотке крови коров с клиническим маститом в 1,04 раз, что может быть связано с погрешностью проводимых измерений.

Таким образом, наши данные могут отличаться от данных других авторов из-за вышеупомянутой комбинации факторов. Ограничения нашего исследования связаны с относительно небольшим количеством образцов, однако, наши результаты подтверждают участие всей иммунной системы коров для защиты от бактерий локально в вымени, а также системно в макроорганизме. Определение концентрации цитокинов и их соотношений IL-1ß/ IL-10 в молоке является перспективным диагностическим инструментом, что сигнализирует о необходимости улучшения контроля за здоровьем животных и качеством молочной продукции.

INTERLEUKINS IL-1β AND IL-10 AS BIOMARKERS FOR ASSESSING THE SEVERITY OF THE INFLAMMATORY PROCESS IN INFECTIOUS MASTITIS OF COWS

Pavlova V.S. – 5th year student, 13th group, Faculty of Veterinary Medicine; **Komarov M.V.** – graduate student. Department of Microbiology, Virology and Immunology; **Makavchik S.A.** – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology; **Avdeenko V.S.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Department of

Genetic and Reproductive Biotechnologies
St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*groza81@mail.ru

Funding. *The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 23-26-00284, htts://rsct.ru/project/23-25-00284/*

ABSRTACT.

Infectious mastitis in lactating cows is a common disease causing significant economic damage. When studying the problem of infectious mastitis, the greatest interest is in assessing changes in the immunological parameters of milk and blood of cows during the occurrence and development of the inflammatory process in the udder, which is necessary to predict the further course of the disease. Timely diagnosis and prediction of the course of the inflammatory process during infectious mastitis can significantly reduce the economic damage caused. The purpose of the study is to study interleukin 1ß and interleukin 10 and their ratio as diagnostic biomarkers for assessing the severity of infectious mastitis. Analysis of the literature data and the data we obtained during the study revealed that the concentration of interleukin 1ß and interleukin 10 in cow's milk can serve as a biomarker for assessing the severity of infectious mastitis. To conduct the research, three groups of lactating cows were formed. Each group included 4 animals, the groups were formed depending on the form of infectious mastitis - a group of healthy cows, cows with subclinical and cows with clinical purulent mastitis. The average concentrations of IL-1ß in the milk of cows with clinical mastitis that we obtained exceed the concentration of IL-1ß in the milk of healthy cows by 3.3 times, and those of cows with subclinical mastitis by 3.7 times. The concentration of IL-10 in milk of cows with subclinical mastitis is 1.2 times higher than that of healthy animals, and the level of cows with clinical mastitis is 2.7 times higher than that of cows with subclinical mastitis. For the first time, data have been obtained on the possibility of using the IL-1β/IL-10 ratio to predict the course of infectious mastitis. According to the data obtained, when the IL-1ß/IL-10 ratio in milk is 1.8 or more, infectious mastitis acquires a chronic relapsing course.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волчегорский, В. И. Оценка клинической тяжести обострений хронических воспалительных заболеваний матки и придатков с использованием порядковой шкалы / В. И. Волчегорский, Е. В. Правдин, Т. В. Узлова // Акушерство и гинекология. – 2012. – № 8-1. – С. 32-39.
2. Гришина, Е. А. Изменение цитокинового статуса лабораторных животных при развитии гельминтозного процесса/ Е.А. Гришина// Актуальные вопросы ветеринарной биологии. - 2017. - №1 (33). – С. 8-12.
3. Зимников, В. И. Иммунологический статус крови клинически здоровых и больных маститом лактирующих коров/ В.И. Зимников, Л.Ю. Сашина, Н.В. Пасько// Генетика и разведение животных. – 2023. - №4. – С. 59-63.
4. Макавчик, С.А. Инфекционные болезни и иммунология животных: учебное пособие /Макавчик С.А., Сухинин А.А., Кузьмин В.А.// Санкт-Петербург, 2024.- 83с.
5. Макавчик, С.А. Лабораторные методы оценки функционирования цитокинов в ветеринарной практике/ Макавчик С.А., Авдеенко В.С., Моисеева К.А., Сафронов Д.И. //Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2024. - № 4. - С. 34-40.
6. Митрейкин, В. Ф. Цитокины и их роль в развитии типовых патологических процессов /В. Ф. Митрейкин, Н. М. Калинина, С. В. Фабричников, Н. И. Фабричникова/ Изд. СПбГМУ. - 2000. - №2. - 64 с.
7. Серебренникова, С. Н. Интерлейкин-1, интерлейкин-10 в регуляции воспалительного процесса/ С.Н. Серебренникова, И.Ж. Семинский, Н.В. Семенов, Е.В. Гузовская// Сибирский медицинский журнал. - 2012. - №8. – С. 5-6.
8. Смирнова, Л.И. Диагностика ассоциированных колиформных маститов коров в

условиях промышленного комплекса/ Л.И. Смирнова// Интеграция образования, науки и практики, а АПК: Сборник материалов III международной научно-практической конференции, Луганск. - 2023. - №1. – С. 25-44.
9. Abegewi, U.A. Prevalence and risk factors of coliform-associated mastitis and antibiotic resistance of coliforms from lactating dairy cows in North West Cameroon/ U.A. Abegewi, S.N. Esemu, R.N. Ndip, L.M. Ndip// PLoS One. – 2022. - №26. – P. 27-32.
10. Giagu, A. Milk proteins as mastitis markers in dairy ruminants - a systematic review/ M. Penati, S. Traini, S. Dore, M.F. Addis// Vet Res Commun. – 2022. - №46(2). – P. 329-351.
11. Chaisri, W. Variation in Interleukin-4, -6, and -10 in Mastitis Milk: Associations with Infections, Pathogens, Somatic Cell Counts, and Oxidative Stress/ Chaisri W, Intanon M, Saipinta D, Srithanasuwan A, Pangprasit N, Jaraja W, Chuasakhonwilai A, Suriyasathaporn W.// Vet Sci. - 2024 №11 (8) - P.350- 358. doi: 10.3390/ vetsci11080350.

REFERENCES

1. Volchegorsky, V.I. Assessment of the clinical severity of exacerbations of chronic inflammatory diseases of the uterus and appendages using an ordinal scale / V.I. Volchegorsky, E.V. Pravdin, T.V. Uzlova // Obstetrics and Gynecology. – 2012. - No. 8-1. – pp. 32-39.
2. Grishina, E.A. Changes in the cytokine status of laboratory animals during the development of the helminthic process / E.A. Grishina // Current issues in veterinary biology. - 2017. - No. 1 (33). – P. 8-12.
3. Zimnikov, V.I. Immunological status of the blood of clinically healthy and lactating cows with mastitis/ V.I. Zimnikov, L.Yu. Sashina, N.V. Pasko // Genetics and animal breeding. – 2023. - No. 4. – pp. 59-63.
4. Makavchik, S.A. Infectious diseases and immunology of animals: textbook / Makavchik S.A., Sukhinin A.A., Kuzmin V.A.// St. Petersburg, 2024.- 83p.
5. Makavchik, S.A. Laboratory methods for assessing the functioning of cytokines in veterinary practice / Makavchik S.A., Avdeenko V.S., Moiseeva K.A., Safronov D.I. //Veterinary, animal science and biotechnology. - 2024. - No. 4. - P. 34-40.
6. Mitreykin, V.F. Cytokines and their role in the development of typical pathological processes /B. F. Mitreikin, N. M. Kalinina, S. V. Fabrichnikov, N. I. Fabrichnikova / Ed. SPbSMU. - 2000. - No. 2. - 64 s.
7. Serebrennikova, S.N. Interleukin-1, interleukin-10 in the regulation of the inflammatory process/ S.N. Serebrennikova, I.Zh. Seminsky, N.V. Semenov, E.V. Guzovskaya // Siberian Medical Journal. - 2012. - No. 8. – P. 5-6.
8. Smirnova, L.I. Diagnosis of associated coliform mastitis of cows in an industrial complex / L.I. Smirnova // Integration of education, science and practice in the agro-industrial complex: Collection of materials of the III international scientific and practical conference, Lugansk. - 2023. - No. 1. – P. 25-44.
9. Abegewi, U.A. Prevalence and risk factors of coliform-associated mastitis and antibiotic resistance of coliforms from lactating dairy cows in North West Cameroon/ U.A. Abegewi, S.N. Esemu, R.N. Ndip, L.M. Ndip// PLoS One. – 2022. - №26. – P. 27-32.
10. Giagu, A. Milk proteins as mastitis markers in dairy ruminants - a systematic review/ M. Penati, S. Traini, S. Dore, M.F. Addis// Vet Res Commun. – 2022. - №46(2). – P. 329-351.
11. Chaisri,W. Variation in Interleukin-4, -6, and -10 in Mastitis Milk: Associations with Infections, Pathogens, Somatic Cell Counts, and Oxidative Stress/ Chaisri W, Intanon M, Saipinta D, Srithanasuwan A, Pangprasit N, Jaraja W, Chuasakhonwilai A, Suriyasathaporn W.// Vet Sci. - 2024 №11(8) - P.350-358. doi: 10.3390/vetsci11080350.

УДК: 615.458:615.834:636.1.083
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.84

ИЗУЧЕНИЕ БАКТЕРИЦИДНЫХ СВОЙСТВ СУХОГО СОЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ В ДИНАМИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГАЛОТЕРАПИИ В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛОШАДЕЙ

Романова О.В. [1]* – канд. ветеринар. наук, доц. (ORCID 0000-0002-0750-8654);
Крячко О.В.[2] – д-р ветеринар. наук, проф. (ORCID 0000-0002-8996-8522);
Новикова О.Б.[2] – д-р ветеринар. наук, доц. (ORCID 0000-0003-0046-625X);
Щепеткина С.В.[3] – канд. ветеринар. наук (ORCID 0000-0002-1753-037X)

[1] ФГБОУ ВО «Донской агротехнологический университет»
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[3] Научный консультационный центр по разработке и трансферу системных технологий в ветеринарии и сельском хозяйстве

*vetsova@mail.ru

Ключевые слова: *галотерапия, лошади, бактериальная обсемененность, микрофлора зоны дыхания.*
Key words: *halotherapy, horses, bacterial contamination, microflora of the respiratory zone.*

Поступила: 20.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Цель нашего исследования – провести оценку микробной обсемененности воздуха в помещении для содержания лошадей до и после применения сухого солевого аэрозоля, а также оценить динамику микробного пейзажа в помещении для содержания лошадей в зоне дыхания животных и на разном удалении от источника сухого солевого аэрозоля. Для оценки бактериальной обсемененности воздуха при использовании галогенератора было организовано два помещения для содержания лошадей – опытное и контрольное, в каждом содержалось по 4 лошади, размерами 6х5х3,5, где 3,5 – высота помещения в высшей точке. Герметизировали помещение условно (щелевые потери сохранялись) временно с помощью поликарбонатных накладок на окна. Сухой солевой аэрозоль для проведения процедуры галотерапии у лошадей получали с помощью галогенератора «Галовет», который использовали в автоматическом режиме Бронходженик, продолжительность сеанса 20 минут. В контрольном помещении лошади галотерапии не подвергались. Использовали визуальный, инструментальный, микробиологический, микроскопический, эпизоотологический методы исследований с использованием общепринятых методик. В результате исследований было определено, что микробный пейзаж воздуха в помещении для содержания лошадей преимущественно представлен бактериями *Staphylococcus spp.*,

кокками и палочками кишечной группы, плесневыми грибами и переходными микроорганизмами (*Nocardia spp.*). В динамике применения галоаэрозоля рост микроорганизмов на питательных средах был неравномерным в опыте и контроле. Отмечено значительное снижение концентрации стафилококков и бактерий кишечной группы в зоне дыхания животных. Снижение роста стафилококков и бактерий кишечной группы в точках, максимально удаленных от работающего галогенератора, было незначительным, или не наблюдалось по окончании сеанса. Таким образом, галотерапия способствует снижению микробной обсемененности воздуха на расстоянии как минимум 1,5 м от расположения источника сухого солевого аэрозоля – галогенератора. Этот эффект оставался выраженным и через 30 минут после окончания сеанса. Основываясь на физических свойствах активного сухого высокодисперсного аэрозоля хлорида натрия, можно утверждать, что процесс его воздействия на микробные клетки сопровождается обезвоживанием последних и усилением их гидрофобных свойств.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Лечебные свойства сухого солевого аэрозоля для людей с проблемами бронхо-легочной системы известны во всем мире. В соляных копях г. Величка Краковского воеводства была построена одна из первых экспериментально-клинических лечебниц для легочных больных, которая успешно функционирует и сегодня. Первые научные работы по экспериментальному исследованию микроклимата соляных пещер, выработок относят к середине 19 века (Бочковский Ф., 1843). И сегодня соляные курорты, лечебницы, центры реабилитации для пульмонологических больных широко распространены по всему миру: в Германии, Австрии, Румынии, Польше, России. Оздоровительные центры создаются на месте соляных шахт, выработанных или вновь оборудованных с использованием естественных источников каменной соли [1]. Первые экспериментальные шаги по созданию управляемого с помощью сухого солевого аэрозоля (ССА) микроклимата вне природных солевых пещер были предприняты в Санкт-Петербурге в середине 20-го века. В результате многолетней научно-исследовательской работы врачей Санкт-Петербургского Государственного медицинского Университета им. акад. И.П.Павлова и Института пульмонологии МЗ РФ (Москва) была доказана высокая эффективность сухого солевого аэрозоля при различных заболеваниях человека в пульмонологической, в т.ч. педиатрической практике [4, 6]. Метод саногенного воздействия ССА был назван галотерапией, а сам мелкодисперсный аэрозоль соли – галоаэрозолем. Необходимый бронходренирующий, противовоспалительный, иммунокоррегирующий эффект галоаэрозольной терапии реализуется за счет свойств особой респирабельной фракции соли, которая, в свою очередь, создается специальным устройством – галогенератором. В результате многолетней экспериментальной научно-практической работы модели оборудования и контроля микроклимата в помещениях галотерапии модифицировались, усовершенствовались с целью достижения максимального оздоровительного эффекта. По итогам исследований опубликовано более 50 научных работ, в том числе более 5 монографий. В России успешно функционируют несколько тысяч галокомнат и галокабинетов для бронхо-легочных больных. Разработаны и индивидуальные устройства для галотерапии в бытовых условиях.

Более 20 лет назад методом заинтересовались европейские ветеринарные врачи и владельцы лошадей. Известно, что респираторные проблемы, особенно хронического течения, значительно снижают качество жизни лошадей, ограничивают их использование в спорте. Первыми оценили оздоровительный эффект галоаэрозоля на практике коневладельцы. Уже первые несколько сеансов показали высокий муколитический и мукокинетический эффект сухого солевого аэрозоля. Отмечалось, что лошади быстро и эффективно освобождались от бронхиальной слизи, что положительно сказывалось на их способности нести физические нагрузки.

Однако, научных публикаций в области изучения клинической эффективности галотерапии в практике лечения лошадей в зарубежной литературе нет. Необходимо отметить, что и в начале нашей работы с сухим солевым аэрозолем в конной медицине, мы столкнулись с рядом практических затруднений. Первый опыт оборудования галобокса на базе первой конной клиники Хевос (Ленинградская область) был нами осуществлен еще в 2009 году, но наиболее значимые результаты клинической эффективности солевой терапии мы смогли получить только через три года. Адаптация прежних моделей галогенераторов к работе в животноводческом помещении потребовала технологического усовершенствования основного оборудования, внесения изменений в режимы его работы и ухода. Но уже результаты первых наблюдений и экспериментов были очень обнадеживающими. Более 70 лошадей в период с 2010 по 2015 гг. участвовало в сериях рандомизированных экспериментов по изучению эффективности метода сухого солевого аэрозоля в конной медицине. Наблюдения проводили практикующие ветеринарные врачи и ученые Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины на разных конных площадках Ленинградской области. Результаты нескольких серий экспериментов показали повышение физической активности у лошадей, проходивших курс галотерапии, а также стабильное улучшение аускультативной картины в легких, исчезновение одышки и активное отделение мокроты. Исследования крови лошадей, проведенные в ФГБУ НИИ ЛОР (Санкт-Петербург) показали, что под влиянием галотерапии в периферической крови увеличивалось не только число нейтрофилов, способных к фагоцитозу, но и количество поглощенных ими объектов почти в 2,0 раза по сравнению с исходным значением и уровнем группы контроля [2, 3]. В дальнейшем, в результате лонгитюдных наблюдений нам удалось провести сравнительный анализ различных методов, используемых для лечения бронхо-легочной патологии у лошадей, в том числе, галотерапии. Показано, что сухой солевой аэрозоль не уступает в эффективности фармакологическим мукокинетическим препаратам, а с точки зрения безопасности, в частности отсутствия ульцерогенного действия и комфортности процедуры обладает очевидным преимуществом [2, 3, 6].

На сегодняшний день сеансы галотерапии получают более 1000 лошадей в разных конно-спортивных комплексах страны. Галогенераторы различных модификаций, портативные и стационарные, адаптированные к работе в любых условиях, позволяют широко использовать метод галосанации не только респираторной системы лошадей, но и кожных покровов, желудочно-кишечного тракта, а также в качестве СПА-процедуры.

В то же время, пробелы в научно-экспериментальном изучении свойств сухого солевого аэрозоля еще остаются. В частности, известны и подтверждены многочисленными исследованиями бактерицидные свойства соли. Стендовые опыты показывают, что гидрофильность солевого аэрозоля – основной простой механизм разрушения микробной клетки. Эти же свойства соли широко используются, например, в быту, но в ветеринарной практике могут иметь стратегическое значение при выборе антимикробной терапии.

Все вышеизложенное и определило цель нашего исследования - провести оценку микробной обсемененности воздуха в помещении для содержания лошадей до и после применения сухого солевого аэрозоля, а также оценить динамику микробного пейзажа в помещении для содержания лошадей в зоне дыхания животных и на разном удалении от источника сухого солевого аэрозоля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для оценки бактериальной обсемененности воздуха при использовании галогенератора было организовано два помещения для содержания лошадей – опытное и контрольное, в каждом содер-

жалось по 4 лошади, размерами 6х5х3,5, где 3,5 – высота помещения в высшей точке. Герметизировали помещение условно (щелевые потери сохранялись) временно с помощью поликарбонатных накладок на окна. Сухой солевой аэрозоль для проведения процедуры галотерапии для лошадей получали с помощью галогенератора «Галовет» (ООО Медикомплайнс, Санкт-Петербург), который использовали в автоматическом режиме Бронходженик, продолжительность сеанса 20 минут. В контрольном помещении лошади галотерапии не подвергались.

В каждом помещении было обозначено три точки, откуда производили отбор проб воздуха:

1 - ларь для хранения кормов (в контроле разместили симметрично в углу);

2 - по центру помещения, на высоте примерно 60 см от пола;

3 - полка около денника на высоте 150 см от пола.

Оценку бактериальной обсемененности воздуха в опыте проводили за 30 минут до использования галогенератора, во время использования галогенератора и через 30 минут после завершения сеанса. Оценку проб воздуха в контрольном помещении производили по тому же принципу, но без использования галогенератора. Все исследования проводили в присутствии клинически здоровых лошадей.

Использовали визуальный, инструментальный, микробиологический, микроскопический, эпизоотологический методы диагностики с использованием общепринятых методик.

Транспортировку проб осуществляли при естественной температуре окружающей среды.

Вся работа в лабораторных условиях была проведена согласно санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.2322-08 «Безопасность работы с микроорганизмами III-IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней» (утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2008 г. № 4) – в стерильных условиях, используя бокс микробиологической безопасности БМБ-II-«Ламинар-С»-1, 2 (221.120) класс II (тип А2) (LamSystems, г. Миасс, Челябинская область).

В работе были использованы простые (мясо-пептонный агар (МПА) для определения общего микробного числа), селективные (стафилококковый агар для выделения кокковой микрофлоры) и дифференциально-диагностические (среда Эндо для выделения кишечной микрофлоры – энтеробактерий) питательные среды производства НИЦФ (Научно-исследовательский центр фармакотерапии, Санкт-Петербург), ФБУН ГНЦ ПМБ (г. Оболенск, Московская область).

Для определения pH сред использовали pH-метр-милливольтметр pH-410 (ООО «НПО Аквидон», г. Подольск, Московская область). Для взвешивания навесок питательных сред использовали лабораторные весы.

Контроль обсемененности воздуха микроорганизмами проводили седиментационным методом (по Коху), основанным на оседании микробов на поверхность плотных питательных сред под действием силы тяжести.

Для исследования воздуха чашки Петри со средами открывали на 3 минуты. Далее чашки инкубировали в термостате при t 37±0,5°С в течение 72 часов. Каждые 24 часа проводили сравнительный анализ выросших колоний.

Для инкубирования посевов использовали термостат воздушный лабораторный ХТ-3/40 (производство ЗАО «Пять океанов», Минск).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

На рис. 1 представлен рост микроорганизмов в точках 1, 2, 3 до проведения опыта. Отчетливо видно, что в центральной точке рост стафилококков и бактерий кишечной группы такой же, как на ларе и на полке, а рост неспецифических микроорганизмов значительно выше. Возможно, это связано с большей проходимостью этой части помещения.

На рис. 2 представлен рост микроорганизмов в точках 1, 2, 3 во время работы галогенератора. Хорошо видно, что в цен-

тральной точке рост на МПА и среде Эндо и стафилококковом агаре значительно ниже, чем в точках 1 и 3.

На рис. 3 представлен рост микроорганизмов в точках 1, 2, 3 после завершения работы галогенератора. Видно значительное снижение концентрации стафилококков и бактерий кишечной группы в центральной точке.

На рис. 4-5 представлен рост микроорганизмов в центральной точке до, во время и после применения галогенератора через 24 и 72 часа после инкубирования стафилококковом агаре – питательной среде для выделения патогенных стафилококков из клинических и неклинических образцов на основании ферментации маннита, образования пигмента и желатиназной активности. Хорошо видно, наибольшая бактериальная обсемененность была до включения галогенератора, значительно снизилась во время работы аппарата и после экспозиции 30 минут.

На рис. 6-8 представлен рост микроорганизмов в пробе из центральной точки

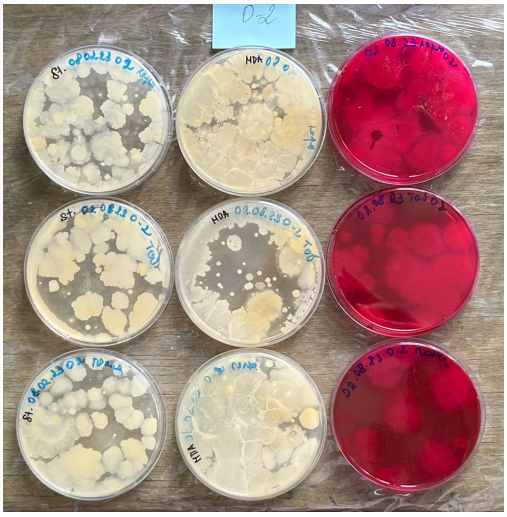


Рисунок 2 – Бактериальная обсемененность воздуха в 1, 2 и 3 точках во время работы галогенератора (рост микроорганизмов на стафилококковом агаре, МПА, среде Эндо 48 часов инкубирования в термостате).

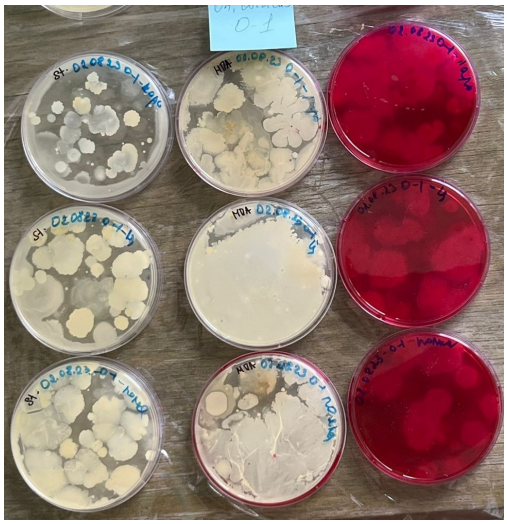


Рисунок 1 – Бактериальная обсемененность воздуха в 1, 2 и 3 точках до применения галогенератора (рост микроорганизмов на стафилококковом агаре, МПА, среде Эндо через 48 часов инкубирования в термостате).

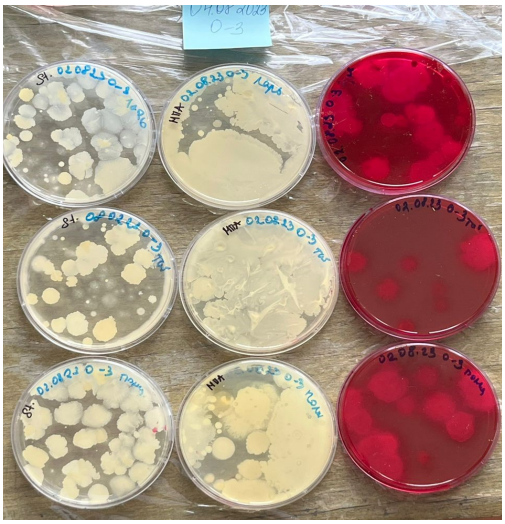


Рисунок 3 – Бактериальная обсемененность воздуха в 1, 2 и 3 точке после завершения работы галогенератора (рост микроорганизмов на стафилококковом агаре, МПА, среде Эндо 48 часов инкубирования в термостате).

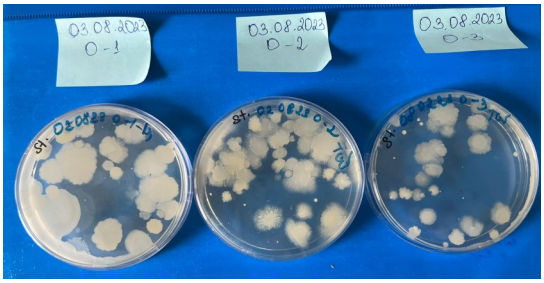


Рисунок 4 – Рост микроорганизмов на стафилококковом агаре в центральной точке до, во время и после работы галогенератора (через 24 часа после инкубирования).

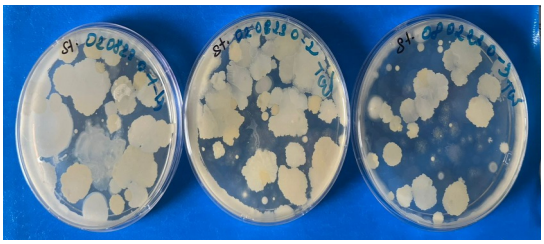


Рисунок 5 – Рост микроорганизмов на стафилококковом агаре в центральной точке до, во время и после работы галогенератора (через 72 часа после инкубирования, вид со стороны донышка).

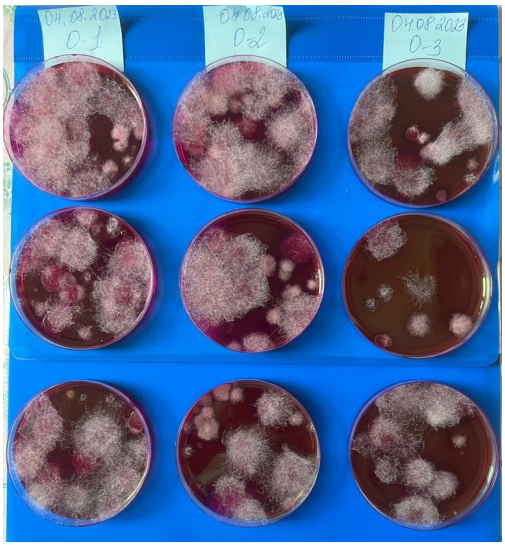


Рисунок 6 – Рост микроорганизмов и плесневых грибов на среде Эндо в точках 1, 2, 3 до, во время и после работы галогенератора (через 72 часа инкубирования).

через 72 часа инкубирования на среде Эндо, которая используется в целях выделения и дифференциации грамотрицательных микроорганизмов кишечной группы. Хорошо видно, что после применения галогенератора бактериальная обсемененность стала значительно ниже, чем до и в процессе работы. Также отмечен и меньший рост плесневых грибов. Особенно хорошо выражены бактерицидный и фунгицидный эффекты в центральной точке, расположенной максимально близко к галогенератору.

На рис. 9-10 представлен рост микроорганизмов в пробе из центральной точки через 72 часа инкубирования на мясопептонном агаре (МПА) – питательной среде общего назначения, которая является неселективной и подходит для культивирования широкого спектра нетребовательных микроорганизмов. Хорошо видно, что меньше всего микроорганизмов было в центральной точке во время работы галогенератора.

На рис. 11 представлена культура *Staphylococcus spp.* под микроскопом из точек 1, 2 и 3 на 3-й день инкубирования.

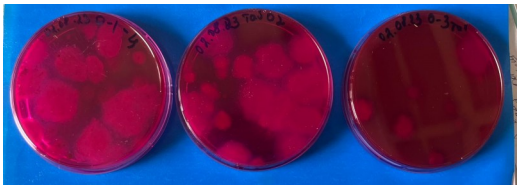


Рисунок 7 – Рост микроорганизмов и плесневых грибов на среде Эндо в центральной точке до, во время и после работы галогенератора (через 72 часа инкубирования, вид со стороны донышка).

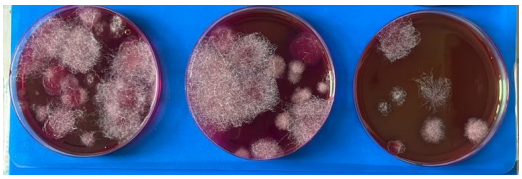


Рисунок 8 – Рост микроорганизмов и плесневых грибов на среде Эндо в центральной точке до, во время и после работы галогенератора (через 72 часа инкубирования, вид открытой чашки).

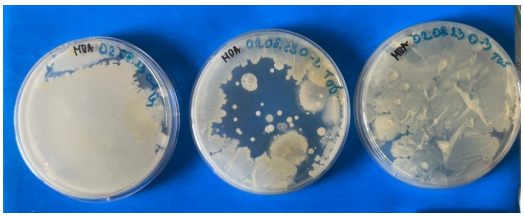


Рисунок 9 – Рост микроорганизмов на МПА в центральной точке (через 72 часа инкубирования, вид со стороны донышка).



Рисунок 10 – Рост микроорганизмов на МПА в центральной точке (через 72 часа инкубирования, вид без крышки).

Высокая обсемененность воздуха условно-патогенными микроорганизмами в помещениях, где содержатся лошади, – явление распространенное. С целью снижения микробной загрязненности и сохранения здоровья животных в конно-спортивных комплексах соблюдают меры гигиены: регулярная уборка навоза, смена подстилки, смачивание и подметание проходов, дезинфекция и, конечно, проветривание. Однако, лошади в таких помещениях являются основными источниками тепла, влаги и условно-патогенных микроорганизмов. Те лошади, которые имеют индивидуальные особенности здоровья (атопия, аллергия, астма и пр.) становятся чувствительными к пылевой и микробной ингаляционной нагрузке. Для таких лошадей поддержание гигиены зоны дыхания и воздухоносных путей является ключевым в сохранении качества их жизни. Также в случае сезонных вирусных респираторных инфекций, высокая колонизационная активность условно-патогенной микрофлоры является причиной численного преодоления естественных барьеров и возникновения бактериальных осложнений. Поэтому любые гигиенические мероприятия по снижению бактериальной обсемененности воздушной среды вносят важный вклад в профилактику массовых респираторных инфекций.

Наш небольшой эксперимент показал, что в условиях конюшни галотерапия способствует снижению микробной обсемененности воздуха на расстоянии как минимум 1,5 м от расположения источника сухого солевого аэрозоля – галогенератора. Этот эффект остается выраженным и через 30 минут после окончания сеанса. Основываясь на физических свойствах активного сухого высокодисперсного аэрозоля хлорида натрия, можно предположить, что процесс его воздействия на микробные клетки сопровождается обезвоживанием последних и усилением их гидрофобных свойств [4].

Полученные данные позволят расширить возможности применения галотерапии в конно-спортивных комплексах и

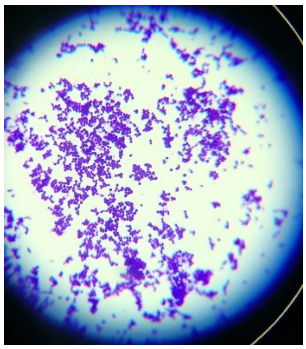
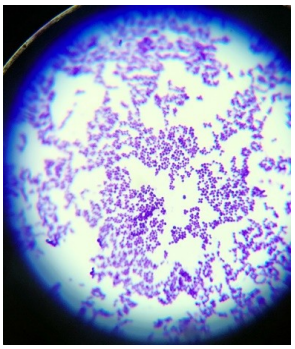
Точка 1 – ларь для кормов	Точка 2 – центральная точка	Точка 3 – полка
		

Рисунок 11 – Культура Staphylococcus spp. под микроскопом из точек 1, 2 и 3 на 3-й день инкубирования.

иных помещениях для содержания лошадей. В частности, использование сухого высокодисперсного солевого аэрозоля может быть показано в карантинных боксах для галогигиены животных после транспортировки, перегруппировки и пр. Известно, что транспортировка лошадей, а также стресс, являются мощными триггерами усиления колонизационной активности микрофлоры респираторного тракта [7]. Галогигиена также может быть показана лошадям в случаях рекомендованного ограничения подвижности (например, при травмах и ортопедических заболеваниях) с целью санации зоны дыхания и обеспечения бронходренажной функции.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, микробный пейзаж воздуха в помещении для содержания лошадей преимущественно представлен бактериями *Staphylococcus spp.*, кокками и палочками кишечной группы, плесневыми грибами и переходными микроорганизмами (*Nocardia spp.*).

В динамике применения галоаэрозоля рост микроорганизмов на питательных средах был неравномерным в опыте и контроле. Отмечено значительное снижение концентрации стафилококков и бактерий кишечной группы в центральной точке. Снижение роста стафилококков и бактерий кишечной группы в точках, максимально удаленных от работающего галогенератора, было незначительным, или не наблюдалось по окончании сеанса.

STUDY OF BACTERICIDAL PROPERTIES OF DRY SALT AEROSOL IN THE DYNAMICS OF HALOTHERAPY INDOORS FOR HORSES

Romanova O.V. [1*] – Cand. Vet. Sci., Ass. Professor, Intern of (ORCID 0000-0002-0750-8654); **Kriyachko O.V.**[2] – Dr. Vet. Sci., Professor, Head of the Department of Pathophysiology, (ORCID 0000-0002-8996-8522); **Novikova O.B.**[2] – Dr. Vet. Sci., Ass. Professor (ORCID 0000-0003-0046-625X); **Shchepetkina S.V.**[3]– Cand. Vet. Sci. (ORCID 0000-0002-1753-037X)

[1] Don Agrotechnological University

[2] St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

[3] Scientific consulting center for the development and transfer of system technologies in veterinary medicine and agriculture

[*]vetsova@mail.ru

ABSTRACT

The aim of our study was to evaluate the microbial contamination of the air in a horse-keeping room before and after using dry salt aerosol, as well as to evaluate the dynamics

of the microbial landscape in the horse-keeping room in the animal breathing zone and at different distances from the source of dry salt aerosol. To evaluate the bacterial contamination of the air when using a halogenerator, two horse-keeping rooms were organized - an experimental and a control room, each containing 4 horses, measuring 6x5x3.5, where 3.5 is the height of the room at the highest point. The room was conditionally sealed (slot losses remained) temporarily using polycarbonate window covers. Dry salt aerosol for halotherapy in horses was obtained using the Galovet halogenerator, which was used in the automatic Bronkhodzhenik mode, the session duration was 20 minutes. In the control room, the horses were not subjected to halotherapy. Visual, instrumental, microbiological, microscopic, epizootological research methods were used using generally accepted techniques. As a result of the research, it was determined that the microbial landscape of the air in the horse stable is mainly represented by Staphylococcus spp. bacteria, cocci and intestinal bacteria, mold fungi and transitional microorganisms (Nocardia spp.). In the dynamics of the use of haloaerosol, the growth of microorganisms on nutrient media was uneven in the experiment and control. A significant decrease in the concentration of staphylococci and intestinal bacteria in the respiratory zone of animals was noted. The decrease in the growth of staphylococci and intestinal bacteria at points as far away as possible from the operating halogenerator was insignificant or was not observed at the end of the session. Thus, halotherapy helps to reduce the microbial contamination of the air at a distance of at least 1.5 m from the location of the source of dry salt aerosol - the halogenerator. This effect remained pronounced 30 minutes after the end of the session. Based on the physical properties of the active dry highly dispersed sodium chloride aerosol, it can be argued that the process of its impact on microbial cells is accompanied by dehydration of the latter and an increase in their hydrophobic properties.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котова, Т. В. Галотерапия. основные этапы развития / Т. В. Котова // Аллергология. – 1998. – № 1. – С. 37-41.
2. Романова, О. В. Влияние сухого солевого аэрозоля на функциональную активность нейтрофилов лошадей при хронических обструктивных болезнях легких / О. В. Романова, О. В. Крячко, А. В. Червинская // Международный вестник ветеринарии. – 2015. – № 1. – С. 61-64.
3. Романова, О. В. Фагоцитарная способность нейтрофилов крови у лошадей при хронических обструктивных заболеваниях легких в динамике применения галотерапии / О. В. Романова, О. В. Крячко, А. В. Червинская // Медицинская иммунология. – 2017. – Т. 19, № S. – С. 427.
4. Червинская, А. В. Влияние сухого высокодисперсного аэрозоля хлорида натрия на физиологические свойства *Strepthococcus pneumoniae*, персистирующего на слизистой ларингофарингеального эпителия, в эксперименте / А. В. Червинская, А. С. Кветная, Т. Б. Корженевская // Клинико-лабораторный консилиум. – 2009. – № 3(28). – С. 72-77.
5. Червинская, А. В. Эффективность галотерапии по данным клинических исследований / А. В. Червинская, Н. Б. Корчажкина // Физиотерапевт. – 2019. – № 2. – С. 37 -51.
6. Червинская, А. В. Применение галотерапии для профилактики острых респираторных вирусных инфекций / А. В. Червинская, А. С. Кветная // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2022. – Т. 99, № 3-2. – С. 202-203.
7. Padalino B, Raidal SL, Knight P, Celi P, Jeffcott L, Muscatello G.Behaviour during transportation predicts stress response and lower airway contamination in horses. PLoS One. 2018 Mar 22;13 (3):e0194272. doi: 10.1371/ journal.pone.0194272. eCollection 2018.

REFERENCES

1. Kotova, T. V. Halotherapy. Main stages of development / T. V. Kotova // Allergology. - 1998. - No. 1. - P. 37-41.

2. Romanova, O. V. Effect of dry salt aerosol on the functional activity of equine neutrophils in chronic obstructive pulmonary diseases / O. V. Romanova, O. V. Kryachko, A. V. Chervinskaya // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2015. - No. 1. - P. 61-64.
3. Romanova, O. V. Phagocytic capacity of blood neutrophils in horses with chronic obstructive pulmonary diseases in the dynamics of halotherapy use / O. V. Romanova, O. V. Kryachko, A. V. Chervinskaya // Medical Immunology. - 2017. - Vol. 19, No. S. - P. 427.
4. Chervinskaya, A. V. Effect of dry finely dispersed sodium chloride aerosol on physiological properties of *Strepthococcus pneumoniae* persisting on the mucous membrane of the laryngopharyngeal epithelium in an experiment / A. V. Chervinskaya, A. S. Kvetnaya, T. B. Korzhenevskaya // Clinical and laboratory consultation. - 2009. - No. 3 (28). - P. 72-77.
5. Chervinskaya, A. V. Efficiency of halotherapy according to clinical studies / A. V. Chervinskaya, N. B. Korchazhkina // Physiotherapist. - 2019. - No. 2. - P. 37-51..
6. Chervinskaya, A. V. Use of halotherapy for the prevention of acute respiratory viral infections / A. V. Chervinskaya, A. S. Kvetnaya // Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. - 2022. - V. 99, No. 3-2. - P. 202-203.
7. Padalino B, Raidal SL, Knight P, Celi P, Jeffcott L, Muscatello G.Behaviour during transportation predicts stress response and lower airway contamination in horses. PLoS One. 2018 Mar 22;13 (3):e0194272. doi: 10.1371/ journal.pone.0194272. eCollection 2018.

УДК: 619:616.9:578.824.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.94

БЕШЕНСТВО ЛОШАДЕЙ В ЕВРОПЕЙСКИХ ПЕЧАТНЫХ ИСТОЧНИКАХ В XVII ВЕКЕ

Виноходова М.В.* – канд. ветеринар. наук, доц. каф. организации, экономики и управления ветеринарным делом (ORCID 0000-0002-7120-8955); **Ярощук А.И. –** канд. ветеринар. наук, асс. каф. организации, экономики и управления ветеринарным делом (ORCID 0000-0003-1811-6186).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

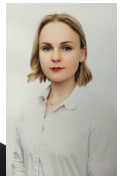
*hscmvmv@mail.ru

Ключевые слова: *бешенство, заразные болезни животных, лошади, история ветеринарии, XVII век, водобоязнь.*

Key words: *rabies, infectious animal diseases, horses, history of veterinary medicine, 17th century, hydrophobia.*

Поступила: 25.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025





РЕФЕРАТ

В странах Европы и в России до второй половины XX века лошадь (в Испании также ослы и мулы) являлась не только главной рабочей силой, но и необходимым звеном для обеспечения транспортировки и ведения войн. В изученных нами источниках по ветеринарной медицине XVII века упоминается бешенство лошадей, присутствуют основные теории его возникновения и распространения, а также несколько вариантов лечения. Эти данные позволяют оценить представления того времени о возникновении, развитии и распространении бешенства среди лошадей и некоторых других животных. Целью нашего исследования было выявить представления о возникновении и распространении бешенства, в частности у лошадей, а также о способах его лечения и борьбы с ним в печатных источниках XVII века на английском, испанском и латинском языках. Нами было установлено, что во всех изученных источниках бешенству посвящены отдельные главы, в которых описана действительно очень сходная с бешенством клиническая картина. Также нами установлено, что основными причинами бешенства действительно считали «ядовитую слюну», которая передавалась при укусах, а затем воздействовала на «гуморы» таким образом, что животное начинало «сходить с ума». По причине отсутствия многих знаний об этиологии, патогенезе и исходе болезни, доступных нам сейчас, в XVII веке в испано-, латино- и англоязычных странах, лошадей пытались лечить от бешенства, что несомненно должно было приводить к заражению людей и других животных.

ВВЕДЕНИЕ/INTRODUCTION

Бешенство (лат. *Rabies*) - острая инфекционная болезнь теплокровных животных, характеризующаяся поражением центральной нервной системы, агрессивным поведением, слюнотечением и параличами [1]. Известна с глубокой древности, но широко известна и сегодня. В 2024 году в мире новые случаи бешенства были зарегистрированы у диких и домашних животных в 43 странах мира, в том числе и в Российской Федерации [2]. Согласно официальной статистике Россельхознадзора, наша страна имеет стационарное неблагополучие по бешенству [3].

Клинические признаки болезни обусловлены тяжелым поражением нервной системы – менингоэнцефалитом и ганглиитом [1]. Также характерным признаком болезни является гиброфобия или водобоязнь, по которому болезнь и получала название в старых источниках. Эффективных методов лечения болезни на данный момент нет [1].

Возбудителем болезни является вирус рода *Lyssavirus* семейства *Rhabdoviridae*, а источником болезни являются больные животные (в том числе животные, находящиеся в продромальной фазе заболевания). Семейства кошачьих, псовых и куньих могут являться резервуаром возбудителя болезни [1]. Бешенство передается при попадании слюны больного животного на поврежденную кожу (слизистые оболочки) [1]. Еще в древних источниках (Шумеры, 1770 г. до н. э.) установлена связь развития бешенства с передачей путем укуса [4].

У лошадей бешенство встречается сравнительно редко, в некоторых источниках они названы «сторожевыми» животными в отношении бешенства, так как появление у них бешенства говорит о достижении эпизоотического порога в данной местности [5].

Клинические признаки бешенства у лошадей довольно разнообразны. Патогномоничные признаки отсутствуют. Выделяют буйную и тихую (паралитическую) формы, однако они могут присутствовать у одного и того же животного на разной стадии болезни [5,6]. Инкубационный период может протекать от нескольких дней до нескольких месяцев (от двух недель до месяца) [5,6]. Различают клинические признаки, обусловленные поражением головного мозга, спинного мозга или черепных нервов [6]. Наиболее частыми у животных являются нарушения поведения и работы краниальных нервов. Развитие клинических признаков быстро приводит к залеживанию и невозможности встать, судорогам или коме и смерти. Продолжительность болезни – 3-7 дней [5].

В районах, неблагополучных по бешенству, болезнь должна предполагаться в любых случаях внезапно возникающей хромоты и быстро развивающихся неврологических симптомах. Первыми признаками могут быть неясная хромота, атаксия и слабость, гиперэстезия, самопогрызание, потливость, поражение глотки, повышенная светочувствительность, легкая лихорадка и др. Эти симптомы стремительно развиваются и приводят к невозможности стоять. Иногда лошадь не выказывает нарушений поведения до дня смерти [5].

Гидрофобия – нехарактерный симптом для лошадей, но некоторые авторы отмечают ее появление [5-10]. Более характерными признаками являются нарушение зрения, гиперреактивность, колики, странное поведение (манежные движения, изменение положения головы, упор головы в стену), некоторые авторы указывают симптомы со стороны мочевого пузыря, связанные с парезом [5,6,10-12].

Если через несколько дней симптомы уходят, то бешенство у лошади исключают. Также случаи бешенства были выявлены у предварительно вакцинированных животных, с наличием антител в крови [5].

Несмотря на то, что чаще всего в исторических упоминаниях о бешенстве фигурируют собаки и волки, мы обнаружили письменные источники XVII века, в которых описано бешенство у лошадей.

В странах Европы и в России до второй половины XX века лошадь (в Испа-

нии также ослы и мулы) являлась не только главной рабочей силой, но и необходимым звеном для обеспечения транспортировки и ведения войн. В изученных нами исторических источниках упоминается бешенство лошадей, присутствуют основные теории его возникновения и распространения, а также несколько вариантов лечения.

Целью нашего исследования было выявить представления о возникновении и распространении бешенства, в частности, у лошадей, а также о способах его лечения и борьбы с ним в печатных источниках XVII века на английском, испанском и латинском языках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В качестве материалов были использованы печатные источники XVII века на английском, испанском и латинском языках, в которых содержатся сведения о диагностике, этиологии, патогенезе и способах борьбы с бешенством лошадей.

В изученных нами источниках XVII века, в которых рассматриваются вопросы диагностики, лечения и борьбы с бешенством лошадей, есть главы, посвящённые бешенству, и говорится о довольно широком его распространении в Европе. Основным источником распространения служили больные собаки, и некоторые другие животные. Причиной возникновения бешенства считался укус бешеного животного, заражающим агентом – слюна, содержащая «яд бешенства». Прочими причинами возникновения бешенства, по мнению практикующих врачей того времени, могли выступать положение небесных светил, смешение жидкостей и пр. Основная теория развития бешенства после попадания слюны больного животного в организм – это теория гуморов (лат. *humor* - жидкость, содержащаяся в чем-то). Среди основных предлагаемых способов лечения и борьбы с бешенством в печатных источниках XVII века можно выделить следующие: организация принудительного поения и кормления животного, приемы воздействия на состав гуморов (кровопускания), приемы обработки ран (прижигание, промывание и пр.), обращение к святым-защитникам от бешенства, помещение лошадей в определенные условия или ограничения, например, пребывания при лунном свете и применение сильнодействующих препаратов-панацей (*triaca magna*).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В печатных источниках на английском, испанском и латинском языках XVII века мы отметили наличие информации о бешенстве у животных, в отдельных источниках этой болезни посвящены целые главы.

В испаноязычных источниках бешенство называется «La rabia» (испанский глагол «rabiar» - неистовствовать). В англоязычных источниках присутствует название «madness» (безумие, сумашествие) или «mad» (сумасшедший). Термин *hydrophobia* (водобоязнь), по-видимому, не был заимствован в обиходный английский на тот момент, и употребляется только в латиноязычных источниках [13-15].

В отношении этиологии бешенства в рассмотренных источниках XVII века преобладает гуморальная теория («*humor*», жидкость, содержащаяся в чем-то) и причины возникновения этой болезни также приписывали «плохим и гнилостным хуморам, которые создают испарения и охватывают сердце, что дает такое проявление бешенства» [16,17]. Хуморы «появляются, вызванные обстоятельствами» [13-18]. Абсолютное большинство авторов изученных источников согласны с механизмом передачи заболевания – это укусы бешеных животных (авторы англоязычных источников называют разделы, посвященные бешенству, «укусы бешенных собак») [7,10,19,20]. Во многих англоязычных источниках авторами отмечается некоторое сродство слюны бешенного животного с ядами ядовитых животных [13,16]. В связи с этим авторы подчеркивают срочность обработки ран от укуса бешеным животным с целью не допустить смешения яда бешенства с жидкостями организма [21]. Возможны и другие причины возникновения бешен-

ства, например, Ф. Рамирез отмечает, что бешенство может быть вызвано и иными хуморами: «испарения, которые охватывают мозг и оглушают голову со всей силы» [22]. Здесь мы видим предположение о том, что возбудитель бешенства локализуется в мозгу, оказывая влияние на поведение животного.

В испаноязычных источниках, отмечается, что помимо лошадей, бешенством могут болеть также «собаки, волки, лисы, верблюды, львы, обезьяны, коты, мулы, ослы, люди» [22]. В прочих источниках авторы указывают на укусы бешеных животных, как основной способ распространения бешенства и возможность для любого покусанного животного или человека заразиться [4,14-17]. В отдельных случаях бешенства смерть не наступала, эти случаи и становились референтыми для развития представления о возможности лечения болезни.

В одной из первых книг на английском языке, посвященных бешенству собак, Томаса Спэкмена [23], автор четко различает бешенство собак и других животных, водобоязнь у человека он считает проявлением болезни собак у человека. Он, как и другие авторы (например, Markham), считали, что бешенство самозарождается у плотоядных, которые болеют разными формами этого «безумия» [13,23].

Еще одним фактором возникновения бешенства, по мнению авторов письменных источников по лечению лошадей XVII века, являлось положение определенных созвездий на небе, и отсюда пошло объяснение сезонности возникновения болезни среди собак и других плотоядных. В испаноязычных и латиноязычных источниках утверждается, со ссылкой на работы Плиния и короля Альфонсо (вероятно, речь идет об Альфонсо V Великодушном (исп. *Alfonso V el Magnánimo*) – короле Арагона в XV веке) [18,19,22],что причина бешенства кроется в «царствовании созвездий Большой и Малой собак» в марте (вероятно, имеются ввиду созвездия «Большой пёс» и «Малый пёс») [18,22]. «Излучения созвездий» также очень активны «с 24 июля по 2 сентября». Описанные «излучения» влияют не только на возникновение бешенства, но и на лечение животных «путем кровопускания или клизм» [22].

М. Арредондо в своем издании «Сборник по альбеитарии» 1658 года не упоминает о влиянии созвездий на возникновение бешенства, но отмечает, что причиной бешенства могут быть «летний зной, плохая еда и вода, как завещал Авиценна», этот же автор делает поразительно точное предположение: «или в третьем случае бешенство возникает из-за укуса другого животного и это наихудший вариант. Поэтому нельзя делать так, как Дазо (вероятно современник автора) – он сунул руку в пасть бешеной собаки и умер через несколько дней – все дело в заразной слюне». М.Арредондо единственный кто указывает, что лечение бешеных животных «дело рискованное» [24 -27].

Клинические признаки бешенства у лошади описываются в источниках следующим образом: «Бешенство вызывает беспокойство, периоды нервного возбуждения, когда животное кусает впередистоящего. Изо рта появляется пена, иногда они корчатся на земле, не допускают лечения, не едят и не пьют, сходят с ума. Губы их малоподвижны, а от тел их исходят горячие и заразные испарения», «пена идет изо рта и ноздрей, глаза мутные и пылающие, лошадь хочет кусаться» [22,26,27]. С точки зрения современного знания об этой болезни, клинические признаки, описанные в литературе действительно очень схожи с признаками бешенства, а замечание автора о том, что лошади могут корчится на земле дает возможность предположить, что имелись ввиду судороги и падение лошадей на землю [1]. По характеру описания признаков бешенства у лошади можно предположить, что авторы замечали разницу в проявлении бешенства у лошади и у плотоядных, иногда даже указывая, что у лошади развилось «псевдобешенство» [16].

Автор популярного труда по ветери-

нарной медицине лошадей G.Markham выделял несколько форм течения болезни и предполагал поражение определенных частей тела при них. Вот его описание: «Бешенство лошади самыми древними и самыми проверенными кузнецами делится на четыре страсти: первая — когда какая-то непослушная кровь поражает метелку мозга, но только в одной части, она тут же делает лошадь тупой и умом, и зрением, и вы узнаете это по этому признаку: лошадь повернется, как зверь, обеспокоенный силой разума, потому что поражена только внешняя часть головы. Вторая — когда яд такой крови заражает среднюю часть мозга, тогда лошадь становится неистовой, прыгая на стены или что-нибудь еще. Третий случай - когда кровь заполняет вены желудка и поражает как сердце, так и мозг. Тогда говорят, что он безумен. Но четвертый и последний случай - когда кровь поражает не только мозг и сердце, но и метелки, и тогда говорят, что он совершенно безумен, о чем вы узнаете по тому, как он кусает каждого человека, который приближается к нему, по тому, как он грызет ясли и стены вокруг себя, и, наконец, по тому, как он разрывает свою собственную кожу на куски» [16].

Отдельные авторы (англоязычные) не расписывают признаки бешенства у больного травоядного животного, так как им, по-видимому, известно, что после появления признаков лечение, скорее всего, будет бесполезно. Им было достаточно того, что животное было укушено бешеным животным. В более северной местности (например, на Британских островах) меньше распространены инфекционные энцефалиты у лошадей, что возможно упрощало диагностику бешенства. Поэтому у себя в книгах эти авторы приводят только рецепты [13,16].

В большинстве рассмотренных источников отмечается, что «бешенство – гибельная болезнь», и реальные случаи бешенства в большинстве случаев оканчивались гибелью. Однако были и случаи иных патологий и отравлений с неврологическим проявлением, которые могли завершиться благополучно, поэтому специалисты и владельцы животных не прекращали попытки изобрести лечение на свой страх и риск [13,16].

Среди основных способов лечения и борьбы с бешенством в источниках XVII века можно выделить следующие: организация принудительного поения и кормления животного, приемы воздействия на состав жидкостей (гуморов), например, кровопускания, приемы обработки ран (прижигание, промывание и пр.), обращение к святым-защитникам от бешенства, помещение лошадей в определенные условия или ограничения, например, пребывания при лунном свете и применение сильнодействующих (в представлении специалистов) препаратов и предметов (*madstone,* препарат *triaca magna*), также могли производить надрез под языком с целью удаления «червяка»- «*Lyssa*», который, по представлениям, имел отношение к развитию бешенства, скармливание печени или мяса бешеной собаки. Не все приемы применялись к животным, например, считалось, что *madstone* – безоаровый камень из желудочно-кишечного тракта животных (наибольшей силой обладал камень из кишечника белого оленя) или иногда – желчный камень животных, теряли свою панацейную силу от соприкосновения с животным и использовались только для исцеления человека [4,28]. Удаление «*lyssa*» и скармливание плоти бешеного животного по отношению к лошадям не описано в рассмотренных источниках.

В отношении лечения животных, больных бешенством, Рамирез ссылается на Гиппократа и на «многих других авторов». Предполагается «насильно заливать воду <…животному…>, чтобы погасить внутренний жар», даже в описании клинических признаков авторы напоминают, что «питье – это основное лечение!» [22].

Также больным животным рекомендовалось скармливать ольху с вином (стоит отметить, что вино в разных пропорциях и качестве применялось для лечения практически любых болезней, в Англии препараты дополнительно подогревали

«до крови», также растворителями и дополнительными лекарственными компонентами могли выступать: патока, свиной жир или масло, листья арбуза, редиса, салата, винограда, т.к. «они очищают и освежают») [13,16,17].

Для лечения «приобретенного» (видимо, посредством укуса) бешенства Рамирез предлагает применить «кровопускание из груди, чтобы дать яду выйти» [22], в английских источниках кровопускание из сосудов головы и конечностей также рекомендовано, а также прижигания каленым железом в области головы с целью выпустить дурные соки [16]. Антонио Чалметео в своем труде 1567 года (на которого в том числе ссылаются практики XVII века) есть предупреждение, что «при кровопускании может случиться утечка яда, который может заразить других животных» [22,29,30].

После кровопускания следовало применить отвар из «квартильо (испанская мера объема, равная примерно 1,2 л, прим.авторов) отвара буквицы (вероятно речь об одном из травянистых растений семейства Яснотковые (*Lamiaceae*), прим.авторов), полыни и с добавлением половины унции Триака Магна»[22].

Существовало множество видов смесей под названиями «Триака», «Териак», «Триака Магна» в их состав входили разные компоненты, но чаще всего использовалось мясо змей, опиум. Этот лекарственный препарат был известен с античных времен и использовался вплоть до XIX века. Количество компонентов, используемых для смеси, могло быть до 70 (в некоторых источниках до 300). В сельской местности «Триак» был панацеей от всех болезней, однако часто встречается информация о том, что эту смесь использовали для лечения укушенных людей – в т.ч. собаками или змеями, как антидот, рис.1, 2 [4, 13, 28, 31].

М. Арредондо утверждает, что лечение бешенства малоэффективно, но тоже рекомендует к использованию триак: «лечение-напиток против яда, давать следует смесь триака, белого вина, чеснока, лука, уксуса. Можно также использовать горчицу или редис» [25].

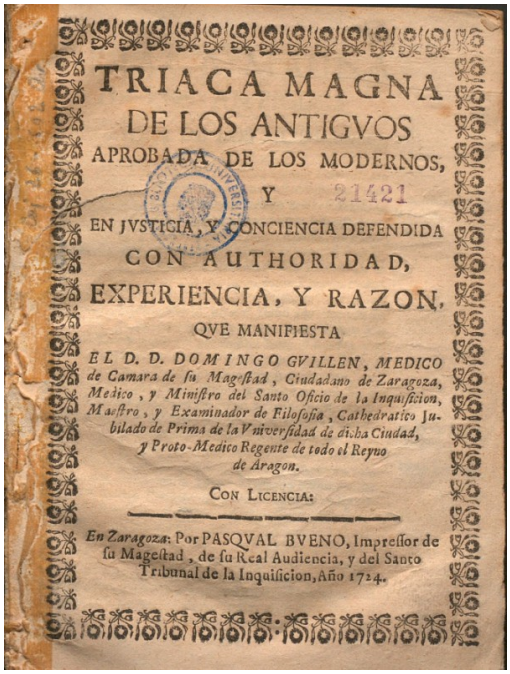

TRIACA MAGNA
DE LOS ANTIGVOS
APROBADA DE LOS MODERNOS,
Y
21421
EN JVSTICIA, Y CONCIENCIA DEFENDIDA
CON AUTHORIDAD,
EXPERIENCIA, Y RAZON,
QVE MANIFIESTA
EL D. D. DOMINGO GVILLEN, MEDICO de Camara de su Magestad, Ciudadano de Zaragoza, Medico, y Ministro del Santo Oficio de la Inquisicion, Maestro, y Examinador de Filosofia, Cathedratico Jubilado de Prima de la Vniversidad de dicha Ciudad, y Proto-Medico Regente de todo el Reyno de Aragon.
CON LICENCIA:
En Zaragoza: Por PASQVAL BVENO, Impressor de su Magestad, de su Real Audiencia, y del Santo Tribunal de la Inquisicion, Año 1724.

Рисунок 1 – Титульный лист издания «Триака Магна от людей прошлого, опробованная людьми настоящего», автор Д.Д. Доминго Гуиллен, 1724 год [31].

После выпойки описанной смеси испанскими ветеринарными специалистами предлагалось дополнительно дать перорально животному «квартильо вина с измельченной головкой чеснока», затем «укутать и на следующий день сделать клизму из процеженной сыворотки и бульона из головы барана, с добавлением триака» [22,26]. Использование головы барана нередко встречается в рецептах в испаноязычной литературе XVII века, что, возможно, имеет какой-то мифический или религиозный смысл.

Авторы ссылаются на лечение, описанное Плинием, когда рекомендовалось давать больному «полторы унции дикой розы – как ее называют греки и жители Родоса (речь идет о шиповнике собачьем, Rosa canina), 5 унций подорожника и 5 унций гельминтотеки (речь о каком-то из

видов сорной травы рода Helminthotheca) – полученную смесь вымочить в воде и измельчить. По моему опыту это снадобье снижает жар и боль, и смягчают сердце, печень и желудок» [4,22].

В источниках, изданных в Англии, упоминаются такие растительные средства как: трава руты, корни первоцвета, листья барвинка и самшита, «звезда земли» (возможно бромелиевые), корень пастушьей веры, куриный помет, теплые каши из солода и воды, корень шиповника, пепел травы белены, тысячелистник, «щелок» из старой мочи и золы дерева, человеческие испражнения, мята, корень дикого огурца [17].

Само место укуса также предлагалось обрабатывать «триаком» и прижечь «всю площадь раны по советам Галена». На третий день после укуса рекомендовалось обрабатывать место укуса уксусом, солью и чесноком, т.к. «это средство чудесно помогает для снятия струпа» [22,27]. Образовавшуюся язву советовали «накрыть листом капусты и заживлять в чистоте». Мы нашли заявление практикующего врача, который рекомендовал протирать место укуса дважды в день спутанными сухими льняными нитями – «они удаляют выступающий яд», таким образом, видно, что некоторые практики предполагали, что яд из раны может выступать на поверхность [22].

Также для обработки ран после укусов бешенных животных применяли белену, сожженную и смешанную со старым свиным жиром, корень шиповника, ягоды бузины или сок листьев бузины или ясеня, горечавки, листья дикого лука, соль, патоку, масло из скорпионов и др. [14,16]. Также для ценных домашних животных могли забить петуха или курицу с тем, чтобы приложить еще теплую тушку к ране, чтобы она вытянула яд [14]. Некоторые авторы также советуют делать надрез в области раны до появления кровотечения и с кровью выпустить яд, для того же предлагали применять пиявок [14].

Ф. Кальво в труде 1675 года «Книга ветеринарии» предлагает «обтереть место укуса вином, влить вино в лошадь и молиться Богу» [29].

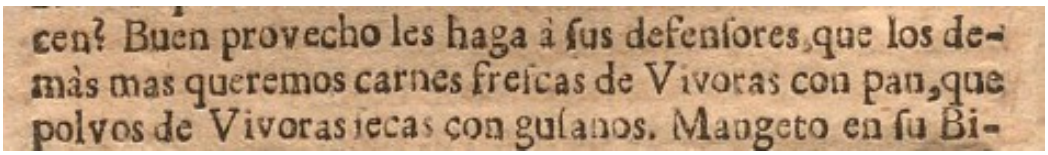

cen? Buen provecho les haga à ſus defenſores, que los demàs mas queremos carnes freſcas de Vivoras con pan, que polvos de Vivoras ſecas con guſanos. Mangeto en ſu Bi-

Рисунок 2 – Описание одного из вариантов рецепта «Триака»: «для защиты лучше взять свежее мясо змей, добавить хлеб, посыпанный порошком из гусениц» из издания «Триака Магна от людей прошлого, опробованная людьми настоящего», автор Д.Д. Доминго Гуиллен, 1724 год [31].

Отдельное внимание было уделено укусам в области «концов тела: полового члена, яичек, губ, хвоста, ушей» - имела место практика отрезания этих частей тела «потому что это безопаснее, чем лечить» [22,29]. Также встречается точка зрения, что при признаках нарушения поведения жеребцов нужно кастрировать: «Другие, как самое верное из всех лекарств, используют кастрацию его от обоих или по крайней мере от одного камня…» [16].

При угрозе заболевания бешенством человека, его могли искупать в холодной воде или в горячем масле, по рекомендации Галена, в отношении лошадей же могли провести «купание животных, особенно в морской воде» [4].

Также, при лечении животных (в частности, лошадей) от бешенства, как от многих других болезней, рекомендовалось «удерживать животных от лунного света», т.к. он считался губительным для всех больных существ [22].

В XVII веке все еще была сильно развита религиозность, вера в мистику, сглазы, порчу и прочие демонические теории возникновения болезней. Поэтому авторы

часто рекомендуют обращаться с молитвами к святым, которые «специализируются» на бешенстве: в испанской и французской традиции – это Гу́берт Лье́жский (лат. Hubertus Leodiensis) – покровитель охотников, во французской – Святой Тужан из Арморики (фр. Saint Tujan или saint Tugen), в испанской – Святая Китерия (исп. Quiteria), культ которой существовал в средних веках в Испании (частично сохранен и по сей день), этой мученице приписывали чудеса исцеления от бешенства, потому что по легенде в ее присутствии успокаивались собаки, также на многих ее изображениях подле нее есть собаки, рис. 4 [22, 33-35].

Нужно также отметить, что авторы XVII века, имевшие практику в Испании и Англии настоятельно рекомендуют «связать кусавшего и пришибить его: и собаку, и льва, и волка, и гадюку, и скорпиона» [16,22,28], и лишь в отдельных источниках рекомендуют наблюдать собаку с целью установления у нее бешенства по поведению или факту смерти животного [13,14].



Рисунок 3 – Глиняный кувшин для хранения териака. Италия, 1641 год [32].



Рисунок 4 – Образ Святой Китерии, 1954 г., Церковь успения Нашей Сеньоры (Parroquia Asuncion de nuestra señora), Мадрид [35].

Необходимость изоляции больной лошади в рассмотренных нами источниках не отмечается. Авторы [13,16,17] предлагают поместить лошадь в полутемное помещение, чтобы не вызывать ее беспокойство или возбуждение. Плотоядных животных, а также свиней, предлагалось изолировать от здоровых животных или убивать [14].

ВЫВОДЫ/CONCLUSION

Бешенство – одна из инфекционных болезней, опасных для животных и человека, известная человеку с древнейших времен [28]. Благодаря неизменным характерным признакам и специфическому поведению больных животных люди довольно рано научились распознавать его. В современных условиях ветеринарные специалисты пользуются довольно точными методами диагностики бешенства, которые относятся больше к посмертной диагностике в лабораторных условиях. Прижизненная диагностика бывает затруднительна, в связи с невозможностью изолировать животное, недостаточной точностью используемых методов, возможностью заразиться и погибнуть от бешенства и пр. В настоящее время лечение больных бешенством животных запрещено, так как известно, что это смер-

тельное заболевание и смерть животного от бешенства служит элементом его диагностики [1].

Тем не менее, определенный интерес представляют материалы исторических источников с упоминанием о бешенстве лошадей. Анализируя источники XVII века, в которых рассматриваются вопросы диагностики, лечения и борьбы с бешенством лошадей, мы можем отметить следующее:

Во всех рассмотренных исторических источниках есть главы, посвященные бешенству, что говорит о широком его распространении в различных климатических зонах Европы в XVII веке. Основным источником распространения служили больные собаки, хотя авторы отмечают, что переносить бешенство могли и другие животные. Из-за этого бешенство могли считать болезнью плотоядных, которой могут болеть другие животные и человек.

Причиной возникновения бешенства считался укус бешеного животного, заражающим агентом – слюна, содержащая «яд бешенства». Соответственно, для лечения и профилактики были рекомендованы сходные методы, как и при укусе ядовитым животным, – обработка раны различными способами, кровопускание, попытки выпустить из раны яд вместе с кровью и прочее. Случаи и источники, которые предполагают прочие причины возникновения бешенства, такие как: положение небесных светил, смешение жидкостей и пр., возможно, исходили из следующих ситуаций – авторами источников XVII века отмечается сезонность бешенства, что совпадает по времени с появлением на небосклоне определенных звезд и созвездий, второй фактор – это то обстоятельство, что, в ряде случаев, место укуса было незаметно, поэтому и установить прямую связь у специалистов не получалось. В целом, при анализе всех взятых нами источников, выяснилось, что бешенство не только было широко распространено и передавалось в том числе людям, но и то, что эпизоотии бешенства чаще возникали в летнее время (что соответствует современным данным). Все практикующие врачи, которые оставили после себя письменные упоминания указывают, что болеют не только лошади, люди и собаки, но и другие млекопитающие – лисы, волки, обезьяны, львы и др.

Основная теория развития бешенства после попадания слюны больного животного в организм – это теория гуморов, если яд бешенства успевает смешаться с внутренними жидкостями, то болезнь обязательно разовьется с тем или иным проявлением в зависимости от движения гуморов. Не смотря на достаточную известность контагиозной теории Фракасторо к XVII веку, в рассмотренных источниках возможно найти только идею о наличии «яда» в слюне, а также на испачканных слюной бешеного животного вещах.

Поскольку на практике бывали случаи, когда признаки болезни у человека или животного либо не наступали, либо наступали, но изначально были обусловлены другим заболеванием, и потому не приводили к летальному исходу, бешенство у лошадей и некоторых других животных пытались лечить. При этом применялись сильнодействующие (по представлениям того времени, панацеи) средства, в том числе триак, в ход шли рекомендации античных авторов, применялось дорогостоящее вино, за помощью обращались с молитвой к высшим силам и покровителям. Несмотря на убеждения в том, что это «верное средство» от бешенства, рекомендовались они без гарантий выздоровления.

Пользуясь современными источниками с описанием клинической картины бешенства и особенностей его у лошадей можно также заключить, что возможно случаи бешенства могли не быть диагностированы специалистами XVII века. Из-за развития хромоты, колик, проявления параличей, распространенность инфекционных энцефалитов лошадей в южных районах и пр., случаи бешенства могли быть классифицированы как другие болезни.

RABIES OF HORSE IN EUROPEAN PRINTED SOURCES IN THE 17th CENTURY

Vinokhodova M. V.* – PhD of Veterinary Sciences, Assistant Professor, Department of Organization, Economics and Management of Veterinary Affairs; **Yaroshchuk A. I.** – PhD of Veterinary Sciences, Department of Organization, Economics and Management of Veterinary Affairs

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*hscmvmv@mail.ru

ABSTRACT

In European countries and in Russia until the second half of the 20th century, horses (in Spain also donkeys and mules) were not only the main labor force, but also a necessary link for ensuring transportation and waging wars. The sources on veterinary medicine of the 17th century that we studied mention equine rabies, present the main theories of its origin and spread, as well as several treatment options. These data allow us to evaluate the ideas of that time about the origin, development and spread of rabies among horses and some other animals. The aim of our study was to identify ideas about the origin and spread of rabies, in particular in horses, as well as about the methods of its treatment and control in 17th century printed sources in English, Spanish and Latin. We found that in all the sources studied, separate chapters are devoted to rabies, which describe a clinical picture that is really very similar to rabies. We also found that the main causes of rabies were indeed considered to be "poisonous saliva", which was transmitted by bites, and then affected the "humors" in such a way that the animal began to "go crazy". Due to the lack of much knowledge about the etiology, pathogenesis and outcome of the disease available to us now, in the 17th century in Spanish, Latin and English-speaking countries, horses were being treated for rabies, which undoubtedly should have led to infection of humans and other animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ от 25.11.2020 года №705 Об утверждении Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов бешенства [Электронный русурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/573140264 (дата обращения 25.02.2025 г.)

2. Эпизоотическая ситуация по бешенству в мире в 2024 году. [Электронный русурс]. URL: https://fsvps.gov.ru/wp-content/uploads/2024/06/%D0%B1%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%BC%D0%B8%D1%80-2024-3.pdf (дата обращения 25.02.2025 г.)

3. Трофимов, И. Г. Ретроспективный анализ эпизоотической и эпидемической обстановки по бешенству в Российской Федерации и Омской области в 2019-2023 гг / И. Г. Трофимов, И. Г. Алексеева // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(53). – С. 115-123

4. Tarantola A. Four Thousand Years of Concepts Relating to Rabies in Animals and Humans, Its Prevention and Its Cure. Tropical Medicine and Infectious Disease. 2017; 2 (2):5. https://doi.org/10.3390/tropicalmed2020005

5. King, Christine, and Mansmann, Richard. Lameness: Recognizing and Treating the Horse's Most Common Ailment. Соединенные Штаты Америки, Globe Pequot, 2005. 1048 c.

6. Wilson, Pamela J., et al. Rabies: Clinical Considerations and Exposure Evaluations. Соединенные Штаты Америки, Elsevier, 2019.160 p.

7. Van der Kolk, J.H., and Veldhuis Kroeze, EJB. Infectious Diseases of the Horse: Diagnosis, Pathology, Management, and Public Health. Великобритания, CRC Press, 2013. 336 p.

8. Equine Neurology. Великобритания, Wiley, 2015. 512 p.

9. Reed, Stephen M., and Sellon, Debra C..

Equine Internal Medicine - E-Book. Соединенные Штаты Америки, Elsevier Health Sciences, 2017. 1488 p.
10. Mayhew, J., MacKay, R. Large Animal Neurology. Великобритания, Wiley, 2022. 608 p.
11. Мониторинг эпизоотической ситуации при некоторых природно-очаговых зоонозах / В. А. Кузьмин, Д. А. Орехов, А. Б. Айдиев, А. В. Цыганов // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 44-50. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2024.2.44.
12. Sellon, D. Equine Infectious Diseases E-Book. Соединенные Штаты Америки, Saunders, 2013. 664 p.
13. Markham, G. Markham's Methode, or Epitome: wherein is shewed his approoved Remedies for all diseases whatsoever incident to Horses, Oxen, Kine, Buls, etc. MS. notes. Великобритания, T. S., 1616. 80 p
14. Mascall, L. The Government of cattell, etc. B.L. MS. notes. Великобритания, n.p, 1620. 309 p
15. Sennert, D., Bonnet, Cl. Epitome vniversam dan. sennerti doctrinam svmma fide complectens, ex triplici volvmine in vnvm congestam: ad vsvm commodiorem, cvm philosophorvm, tum Medicorum qui Catholicam & Apostolicam Fidem in veritate profitentur, ac proinde omnia diligenti cura & examine purgata ab illis, quae orthodoxae Fidei puritati visa sunt aduersari: potissimum in tractatu de anima rationali, aliisque nonnullis, ab omni Haereticae prauitatis errore, & suspicione Liberis. N.p., Ex Typographia I. Piot, S. Officij Typographi, in foro S. Desiderij, 1654. 944 p.
16. Markham, G. Markham's Master-piece Revived, Великобритания: John Wright and Thomas Passinger, 1681. – 391 p.
17. De La Grey, Thomas. The Compleat Horseman, and Expert Ferrier: In Two Books. The First, Shewing the Best Manner of Breeding Good Horses ... The Second, Directing the Most Exact and Approved Manner how to Know and Cure All Maladies and Diseases in Horses. Великобритания, J. L., 1656.
18. Albinus, Bernhard, and Benge, Johannes Melchior. Dissertatio Solennis Medica, De Hydrophobia. Германия, Coepselius, 1687. 32 p.
19. Cappella, Joannes Antonius. De hydrophobia, seu de pavore aquae in rabie, problema perdifficillimum. N.p., M. Nuccius, 1646. 87 p.
20. Mercuriale, Girolamo, and Zacchus, Hieronymus. De pestilentia Hieronymi Mercurialis Foroliuiensis medici praeclarissimi lectiones habitae Patauii 1577. mense Ianuarii. In quibus de peste in uniuersum, praesertim vero de Veneta & Patauina, singulari quadam eruditione tractatur. Eiusdem tractatus De maculis pestiferis, & de hydrophobia. N.p., apud Paulum Meitum, 1580. 33 p.
21. Самойлович, Д.С. Нынешний способ лечения: С наставлением, как можно простому народу лечиться от угрызения бешеной собаки и от уязвления змеи, : С показанием на таблице гридировальными фигурами, чем, когда и как змея уязвляет, где яд у нее бывает и проч. / Выбрав из разных авторов сочинил для пользы общенародной Данило Самойлович коллежский ассессор и штаб-лекарь. — Москва: Унив. тип., у Н. Новикова, 1780. —, 96 с.
22. Ramírez B.F. Discurso de albeyteria, Испания, Domingo Palacio y Villegas (Madrid), 1655. – 306 p.
23. Spackman,T. A declaration of such greiuous accidents as commonly follow the biting of mad dogges, together with the cure thereof, by Thomas Spackman Doctor of Physick. [Электронный русурс]. URL: https://name.umdl.umich.edu/A12656.0001.001. (дата обращения 25.02.2025 г.)
24. Шухов, Ф. Г. Некоторые правовые аспекты охраны труда при работе с животными / Ф. Г. Шухов // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2024. – № 3. – С. 25-28. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2024.3.25.
25. Arredondo, M. Flores de Albeyteria: tratado segundo. Испания, Madrid, 1661. – 132 p.
26. Arredondo, M. Obras de albeytería: primera, segunda y tercera parte . Испания, Caparoca, Pasqual Bueno, 1704. – 423 p.
27. Arredondo, M. Recopilacion de albeyter-

ia: Sacada de varios autores. Испания. por Ioseph Fernandez de Buendia. A costa de Iuan de Valdes, Mercader de libros. Vendese en su casa enfrente del Colegio de Atocha, Испания, 1658. – 448 p.
28. Johnston, D.H. Historical Perspective of Rabies in Europe and the Mediterranean Basin. Can Vet J. 2007 - 48(5):535. PMCID: PMC1852597.
29. Calvo, F. Libro de albeiteria. Andres Garcia de la Iglesia (Madrid), 1675. – 386 p.
30. Chauliac, G., Calvo, F. La magna y canonica cirugia. Juan de Valdés (Madrid), 1658. – 716 p.
31. Guillen, D., Aguierre. J.M. Triaca magna de los antigvos aprobada de los modernos y en justicia y conciencia defendida con authoridad, experiencia y razon, Испания, 1724. – 106 p.
32. Briony, Hudson Theriac: An ancient brand? [Электронный русурс]. URL: https://wellcomecollection.org/stories/Wc5IPScAACgANNYO (дата обращения 25.02.2025 г.)
33. Marieta, J. Historia ecclesiastica y flores de Santos de España. Испания, Cristiano Bernabé (Cuenca). 1594. – 135 p.
34. Ryder, A. F. C. (1990). Alfonso the Magnanimous: King of Aragon, Naples, and Sicily, 1396-1458. Великобритания: Clarendon Press, 1990, - 468 c.
35. Parroquia Asuncion de nuestra señora, официальный сайт [Электронный русурс]. URL: https://parroquiadealpedrete.archimadrid.es/?page_id=2347 (дата обращения 25.02.2025 г.)

REFERENCES

1. Order of 25.11.2020 No. 705 On approval of Veterinary rules for the implementation of preventive, diagnostic, restrictive and other measures, the establishment and cancellation of quarantine and other restrictions aimed at preventing the spread and eliminating foci of rabies [Electronic resource].
2. Epizootic situation of rabies in the world in 2024. [Electronic resource].
3. Trofimov, I. G. Retrospective analysis of the epizootic and epidemic situation for rabies in the Russian Federation and Omsk Region in 2019-2023 / I. G. Trofimov, I. G. Alekseeva // Bulletin of Omsk State Agrarian University. - 2024. - No. 1 (53). – pp. 115 -123
4. Tarantola A. Four Thousand Years of Concepts Relating to Rabies in Animals and Humans, Its Prevention and Its Cure. Tropical Medicine and Infectious Disease. 2017; 2 (2):5.
5. King, Christine, and Mansmann, Richard. Lameness: Recognizing and Treating the Horse's Most Common Ailment. United States of America, Globe Pequot, 2005. 1048 p.
6. Wilson, Pamela J., et al. Rabies: Clinical Considerations and Exposure Evaluations. United States of America, Elsevier, 2019.160 p.
7. Van der Kolk, J.H., and Veldhuis Kroeze, E.J.B. Infectious Diseases of the Horse: Diagnosis, Pathology, Management, and Public Health. United Kingdom, CRC Press, 2013. 336 p.
8. Equine Neurology. United Kingdom, Wiley, 2015. 512 p.
9. Reed, Stephen M., and Sellon, Debra C.. Equine Internal Medicine - E-Book. United States of America, Elsevier Health Sciences, 2017. 1488 p.
10. Mayhew, J., MacKay, R. Large Animal Neurology. United Kingdom, Wiley, 2022. 608 p.
11. Monitoring the epizootic situation in some natural focal zoonoses / V. A. Kuzmin, D. A. Orekhov, A. B. Aidiev, A. V. Tsyganov // Normative and legal regulation in veterinary medicine. – 2024. – № 2. – P. 44-50.
12. Sellon, D. Equine Infectious Diseases E-Book. United States of America, Saunders, 2013. 664 p.
13. Markham, G. Markham's Methode, or Epitome: wherein is shewed his approved Remedies for all diseases whatsoever incident to Horses, Oxen, Kine, Buls, etc. MS. notes. Great Britain, T. S., 1616. 80 p
14. Mascall, L. The Government of cattell, etc. B.L. MS. notes. Great Britain, n.p, 1620. 309 p
15. Sennert, D., Bonnet, Cl. Epitome vniversam dan. sennerti doctrinam svmma fide

complectens, ex triplici volvmine in vnvm congestam: ad vsvm commodiorem, cvm philosophorvm, tum Medicorum qui Catholicam & Apostolicam Fidem in veritate profitentur, ac proinde omnia diligenti cura & examine purgata ab illis, quae orthodoxae Fidei puritati visa sunt aduersari: potissimum in tractatu de anima rationali, aliisque nonnullis, ab omni Haereticae prauitatis errore, & suspicione Liberis. N.p., Ex Typographia I. Piot, S. Officij Typographi, in foro S. Desiderij, 1654. 944 p.
16. Markham, G. Markham's Master-piece Revived, Great Britain: John Wright and Thomas Passinger, 1681. – 391 p.
17. De La Grey, Thomas. The Compleat Horseman, and Expert Ferrier: In Two Books. The First, Shewing the Best Manner of Breeding Good Horses... The Second, Directing the Most Exact and Approved Manner how to Know and Cure All Maladies and Diseases in Horses. Great Britain, J. L., 1656.
18. Albinus, Bernhard, and Benge, Johannes Melchior. Dissertatio Solennis Medica, De Hydrophobia. Germany, Coepselius, 1687. 32 p.
19. Cappella, Joannes Antonius. De hydrophobia, seu de pavore aquae in rabie, problema perdifficillimum. N.p., M. Nuccius, 1646. 87 p.
20. Mercuriale, Girolamo, and Zacchus, Hieronymus. De pestilentia Hieronymi Mercurialis Foroliuiensis medici praeclarissimi lectiones habitae Patauii 1577. mense Ianuarii. In quibus de peste in uniuersum, praesertim vero de Veneta & Patauina, singulari quadam eruditione tractatur. Eiusdem tractatus De maculis pestiferis, & de hydrophobia. N.p., apud Paulum Meitum, 1580. 33 p.
21. Samoilovich, D.S. The current method of treatment: With instructions on how the common people can be treated for the bite of a mad dog and the sting of a snake: With an indication on a table in grid figures of what, when and how a snake stings, where its poison is, etc. / Having chosen from various authors, Danilo Samoilovich, collegiate assessor and staff physician, composed for the benefit of the people. — Moscow: University press, N. Novikov, 1780. — , 96 p.
22. Ramírez B.F. Discurso de albeyteria, Spain, Domingo Palacio y Villegas (Madrid), 1655. – 306 p.
23. Spackman, T. A declaration of such sinister accidents as commonly follow the biting of mad dogs, together with the cure thereof, by Thomas Spackman Doctor of Physick. [Electronic resource]. URL: https://name.umdl.umich.edu/A12656.0001.001. (Date of access: 02/25/2025)
24. 24. Shukhov, F. G. Some legal aspects of labor protection when working with animals / F. G. Shukhov // Normative-legal regulation in veterinary medicine. - 2024. - No. 3. - P. 25-28.
25. Arredondo, M. Flores de Albeyteria: tratado segundo. Spain, Madrid, 1661. - 132 p.
26. Arredondo, M. Obras de albeytería: primera, segunda y tercera parte . Spain, Zaragoza, Pasqual Bueno, 1704. - 423 p.
27. Arredondo, M. Recopilacion de albeyteria: Sacada de varios autores. Spain. por Ioseph Fernandez de Buendia. A costa de Iuan de Valdes, Mercader de libros. Vendese en su casa enfrente del Colegio de Atocha, Spain, 1658. – 448 rubs.
28. Johnston, D.H. Historical Perspective of Rabies in Europe and the Mediterranean Basin. Can Vet J. 2007 - 48(5):535.
29. Calvo, F. Libro de albeiteria. Andres Garcia de la Iglesia (Madrid), 1675. – 386 p.
30. Chauliac, G., Calvo, F. La magna y canonica cirugia. Juan de Valdés (Madrid), 1658. – 716 p.
31. Guillen, D., Aguierre. J.M. Triaca magna de los antigvos aprobada de los modernos y en justicia y conciencia defendida con authoridad, experiencia y razon, Spain, 1724. – 106 p.
32. Briony, Hudson Theriac: An ancient brand? [Electronic resource].
33. Marieta, J. Historia ecclesiastica y flores de Santos de España. Spain, Cristiano Bernabé (Cuenca). 1594. – 135 p.
34. Ryder, A. F. C. (1990). Alfonso the Magnanimous: King of Aragon, Naples, and Sicily, 1396-1458. Great Britain: Clarendon Press, 1990, - 468 p.
35. Parroquia Asuncion de nuestra señora, official website [Electronic resource].

ИНВАЗИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 591.531.213:595.428:599.742.17
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.107

К ВОПРОСУ ЛОКАЛИЗАЦИИ КЛЕЩЕЙ Р. *OTODECTES* У ПЕСЦА (*ALOPEX LAGOPUS SEMENOVI*, OGNEV,1931) О. МЕДНЫЙ (КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА)

Гаврилова Н.А.*[1] – д-р ветеринар. наук, проф., проф. каф. паразитологии им В. Л. Якимова (ORCID 0000-0001-5651-5976); **Гапонова В.Н.[1]** – канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. патологической физиологии (ORCID 0000-0001-8528-7992); **Мамаев Е.Г.[2]** – канд. биол. наук, зам. директора по науч. работе.

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[2] ФГБУ «Национальный парк «Командорские острова» им. С.В. Маракова

* nadezhda.gavrilova65@mail.ru

Ключевые слова: *песец, остров Медный, клещи р. Otodectes, локализация.*
Key words: *Arctic fox, Medny Island, Otodectes r. mites, localization.*

Поступила: 21.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты паразитологического исследования соскобов с кожи внутренней поверхности ушной раковины, кожи головы, спины, боковых поверхностей, передних и задних конечностей, волос с чешуйками эпидермиса трупа щенка песца - *Vulpes (Alopex) lagopus Linnaeus, 1758, (Vulpes lagopus semenovi*, *Ognev,1931*) в возрасте 2,5– 3 месяца, доставленного с острова Медный (Командорские острова, Россия). На кафедре паразитологии им. В.Л. Якимова ФГБОУ ВО СПбГУВМ биологический материал помещали в 50% глицерин и исследовали по методу световой микроскопии при помощи микроскопа Primo Star Zeizz (Германия) под увеличением 40 и 100. При микроскопии были обнаружены акариформные клещи на всех фазах развития: яйцо, личинки, нимфы и имаго. По морфологическим признакам, таким как: форма тела, длина конечностей, расположение на них амбулакров, строение гнатосомы, клещи идентифицированы до рода *Otodectes*. При микроскопии соскобов с кожи головы, спины, боковых поверхностей тела, передних и задних конечностей песца и шерсти с чешуйками эпидермиса были обнаружены клещи, имеющие морфологиче-

ские признаки, характерные для р. *Otodectes*. В соскобах в поле зрения при 40-кратном увеличении количество клещей варьировалось от 12 до 20 и указывало на высокую интенсивность инвазии. Поскольку клещи кожееды, в том числе и отодектесы, обладают высокой специфичностью к месту локализации, поэтому обнаружение клещей р. *Otodectes* в местах не специфической для них локализации интересно с целью изучения их видовой принадлежности. Целью дальнейших исследований станет генетический анализ клещей, обнаруженных на поверхности тела песца, для подтверждения валидности вида, паразитирующего у плотоядных – *O. cynotis*.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Остров Медный, расположенный в Беринговом море к востоку от Камчатки, является вторым по величине в составе Командорских островов (Россия). Время изоляции островной популяции медновского песца оценивают в несколько десятков тысяч лет (Джикия 2008). Песец, обитающий на острове Медный, площадь которого 187 квадратных километров, является реликтовым подвидом островного голубого песца, одной из древнейших островных популяций псовых. Огнев С. И. в 1931 г., описывая новый подвид песца с острова Медного, присвоил ему латинское название *semenovi* в честь известного исследователя А. П. Семенова-Тян-Шанского [1,2].

В середине XVIII века популяция на острове Медный насчитывала около 2000 песцов. Несмотря на то, что они были объектом промышленной охоты (в год добывалось около 1300 песцов), популяция быстро восстанавливалась до устойчивых размеров за счет достаточной кормовой базы. В летний и осенний периоды пищу они находили на многочисленных лежбищах северных морских котиков и сивучей, а также «птичьих базарах» морских птиц, а зимой – в местах обитания гигантских стеллеровых морских коров, каланов и островных тюленей, которые в то время водились в акватории в большом количестве.

К 60-м гг. XX века добыча песца была прекращена, однако количество песцов стало сокращаться. В 1975-77 гг. произошел резкий спад численности песцов, так как более 90% молодых щенков стали стремительно и массово погибать из-за эпидемии ушной чесотки. Ученые полагают, что ушного клеща на остров завезли с собаками. В итоге, к 1978 г. на острове Медный осталось менее 120 особей. Несмотря на установленный с 1993 г. заповедный статус территории Командорских островов численность песца восстанавливалась очень медленно и в среднем держалась в районе 200-250 особей, на которых приходилось лишь 100-150 взрослых [1, 3].

Исследования 2024 г. показали, что популяция вновь начала сокращаться и находится в критическом состоянии под угрозой полного исчезновения.

В последнее десятилетие отодектоз (кожеедная ушная чесотка) часто регистрируется среди домашних и диких плотоядных животных, о чем свидетельствуют работы ряда исследователей [4, 5, 6]. Одной из причин широкого распространения инвазии является отсутствие строгой видовой специфичности клеща *Otodectes cynotis* к определенному виду хозяина. Бочков А. В. отмечает, что доместикация хозяина резко уменьшает специфичность, тогда как питание тканями хозяина, способными к иммунному ответу, и эндопаразитический образ жизни, повышают специфичность вида акариформных клещей к хозяевам-млекопитающим [7, 8].

Кроме того, отодектесы достаточно устойчивы во внешней среде. Максимальная продолжительность жизни вне организма (до 24 суток) отмечена при температуре в интервале от +8°С до +11°С и относительной влажности 68-78 % [9].

Паразитирование клещей отодектесов в ушной раковине и наружном слуховом проходе плотоядных животных вызывает кожеедную чесотку – отодектоз, протекающую в виде экссудативного воспаления. При проникновении воспалительного

процесса в среднее и внутреннее ухо и затрагивании слухового аппарата наступает потеря слуха, а в тяжелых случаях – нервные признаки и часто заканчивается летальным исходом [10]. В связи с этим, при обнаружении трупа песца было принято решение о проведении детального его изучения на предмет обнаружения экто- и эндопаразитов, а также связанных с ними возможных патологических изменений.

Целью настоящего исследования являлось идентификация клещей, обнаруженных в слуховом проходе песца и на шерстном покрове тела животного, выявление особенностей локализации клещей рода *Otodectes* (Acari: Psoroptidae) на теле песца с о. Медный.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Труп щенка песца (*Vulpes lagopus Semenovi,* Ognev, *1931),* самец, ориентировочный возраст 2,5–3 месяца (28 зубов), окрас темно-серый, телосложение пропорциональное, длина от кончика носа до основания хвоста 44 см, упитанность плохая, доставлен с острова Медный в прозекторий кафедры патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины ФГБОУ ВО СПбГУВМ с целью установления причины смерти.

После наружного осмотра трупа для паразитологического исследования отобрали биологический материал: соскобы с кожи внутренней поверхности ушной раковины, кожи с пораженных участков тела, волосы с чешуйками эпидермиса. Полученные образцы поместили на предметные стекла в 50% глицерин и исследовали на кафедре паразитологии им В.Л. Якимова ФГБОУ ВО СПбГУВМ по методу световой микроскопии при помощи микроскопа Primo Star Zeizz (Германия) при увеличении в 40 и 100 раз. Анализируя морфологические признаки обнаруженных клещей, определяли их до рода.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При наружном осмотре трупа песца установили, что кожа сухая, при собирании в складку медленно расправляется, на непигментированных участках светло розового цвета, без повреждений и сыпи. Шерстный покров редкий, тусклый, умеренно загрязнен, волос плохо удерживается, покрыт чешуйками светло серого цвета (рис.1).



Рисунок 1 – Шерстный покров песца (фото: оригинал).



Рисунок 2 – Копуляция клещей р. Otodectes: самка(слева) и самец (фото: оригинал, ув.100).

При микроскопии содержимого из внутренней поверхности ушной раковины были обнаружены клещи, имеющие тело овальной формы. Гнатосома клещей широкая, пальпы хорошо развиты, субкапитулюм снабжен парой небольших, направленных назад вентральных выростов. Хелицеры слиты между собой в общую структуру. Идиосома клещей уплощена в дорсоветральном направлении и имеет полный набор внешних структур, присущих клещам Psoroptidia (Dabert, Mironov, 1999) [8]. У клещей длинные хорошо развитые сегментированные ко-

нечности. У самок четвертая пара ног редуцирована, что является характерным морфологическим признаком клеща р. *Otodectes*. В соскобах были выявлены клещи на всех фазах развития: яйцо, личинка, протонимфа, телеонимфа, имаго, а также клещи в состоянии копуляции (рис.2).

Установили, что амбулакры у обнаруженных клещей расположены на коротких, несегментированных стерженьках (рис.3). У самцов амбулакрами заканчивались все конечности, а у самок присоски были только на I и II парах ног. Таким образом, учитывая морфологические особенности клещей, установили их род – *Otodectes*.



Рисунок 3 – Гнатосома, I и II пара ног клеща р. Otodectes (фото: оригинал, ув.х100).

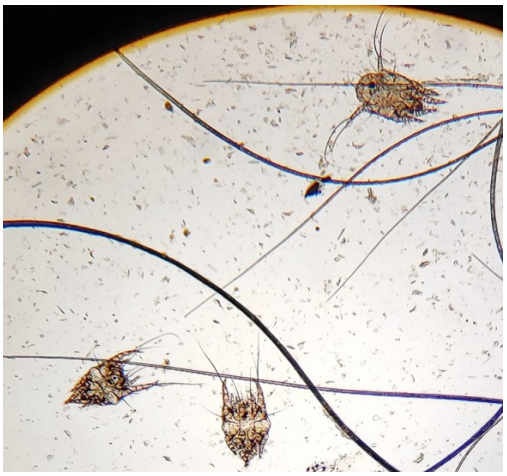


Рисунок 4 – Клещи рода Otodectes, обнаруженные в шерстном покрове песца *(фото: оригинал, ув.х40).*

При микроскопии соскобов кожи и шерсти с чешуйками эпидермиса были обнаружены клещи, имеющие идентичные морфологические признаки: овальную форму тела, гнатосому грызущего типа, глубокие, тюльпановидные амбулакры, расположенные на коротких, несегментированных стерженьках у самцов на всех ногах, а у самок только на I и II парах конечностей, редуцированную IV пару ног у самок. По морфологическим признакам клещи, обнаруженные на шерстном покрове головы, спины, конечностей песца были определены до р. *Otodectes* (рис.4). \

Следует отметить, что не только на внутренней поверхности ушной раковины, но и на коже головы, спины, боковых поверхностях тела, передних и задних конечностях песца обнаружены клещи рода *Otodectes* на всех фазах развития.

При микроскопии соскоба с поверхности тела песца в поле зрения при 40 кратном увеличении число различных фаз развития клеща варьировалось от 12 до 20, что указывало на высокую интенсивность инвазии песца клещами р. *Otodectes*.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

У песца (*Vulpes lagopus semenovi,* Ognev*, 1931),* доставленного с о. Медный, методом световой микроскопии содержимого из внутренней поверхности ушной раковины, соскобов кожи и шерсти с чешуйками эпидермиса были обнаружены клещи, имеющие идентичные морфологические признаки. Клещи имели овальную форму тела, гнатосому грызущего типа, глубокие, тюльпановидные амбулакры, расположенные на коротких, несегментированных стерженьках у самцов на всех ногах, а у самок только на I и II парах конечностей, редуцированную IV пару ног у самок. По морфологическим признакам клещей отнесли к р. *Otodectes.* Во всех пробах исследованного биологического материала песца были выявлены клещи на всех фазах развития: яйцо, личинка, протонимфа, телеонимфа, имаго, а также клещи в состоянии копуляции. При микроскопии соскобов в поле зрения при

увеличении 4х10 число различных фаз развития клеща варьировалось от 12 до 20, что указывало на высокую интенсивность инвазии песца клещами р. *Otodectes.* Обнаружение в соскобах с тела песца клещей на всех фазах развития свидетельствует о полном цикле развития паразита в местах не свойственных для их локализации.

Исследования, проведенные ранее Литвиновой Е.А. в звероводческих хозяйствах Крайнего Севера, указывали на широкое распространение отодектоза среди голубых песцов с экстенсивностью инвазии 22-46 % у взрослого поголовья и 56-63 % у молодняка. Однако, автор отмечала, что у голубых песцов клещи *O. cynotis* паразитируют только на коже внутренней поверхности ушной раковины и в слуховом проходе [6].

Клещи кожееды, в том числе и отодектесы, обладают высокой специфичностью к месту локализации [10]. Однако, исследователи отмечали распространение клещей р. *Otodectes* из ушной раковины на другие части тела: чаще на спину и хвост. Наиболее часто отмечается миграция клеща из ушной раковины на кожу хвоста во время сна животного, когда голова и хвост соприкасаются.

Исследованиями, проведенными Н. А. Бочаровой и М. Е. Гольцман, было отмечено, что в популяции песцов о. Медного клещ *O. cynotis* распространяется на всю поверхность тела, приводя к истощению и смерти щенков. Однако исследователи не обнаружили нарушений кожного покрова, которые могли бы объяснить присутствие ушного клеща на всем теле, т. е. там, где в норме этот клещ не способен жить [3]. Нахождение клещей р. *Otodectes* в местах не специфической для них локализации интересно с целью изучения их патогенности. Важно понять, что способствует широкому распространению клещей р. *Otodectes* по всей поверхности тела у песцов, обитающих на о. Медный. Также, необходимо определить видовую принадлежность клеща, обнаруженного на поверхности тела песца (*Vulpes lagopus semenovi,* Ognev*,* 1931*).* В последнее время благодаря современным методам экстракции ДНК, ПЦР и секвенирования удается выявлять новые виды акариформных клещей. Так Хествик Г. с соавторами обнаружили новый вид клеща р. *Chorioptes* в наружном слуховом канале лося [12].

Целью дальнейших исследований станет генетический анализ клещей, обнаруженных на поверхности тела песца, для подтверждения валидности вида, паразитирующего у плотоядных – *O. cynotis*.

ON THE LOCALIZATION OF P. OTODECTES TICKS IN ARCTIC FOXES (ALOPEX LAGOPUS SEMENOVI, OGNEV, 1931) ON MEDNY ISLAND (COMMANDER ISLANDS)

Gavrilova N.A. *[1] – Dr. Veterinarian Sciences, Prof., Prof. of the Department parasitology named after V. L. Yakimov (ORCID 0000-0001-5651-5976); **Gaponova V.N.**[1] – Associate professor of the Department of Pathophysiology (ORCID 0000-0001-8528-7992), **Mamaev E.G.**[2] – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director according to scientific work

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine,

National Park "Commander Islands" named after S.V. Marakov.

* nadezhda.gavrilova65@mail.ru

ABSTRACT

The article presents the results of a parasitological study of scrapings from the skin of the inner surface of the auricle, scalp, back, side surfaces, front and hind limbs, hair with epidermal scales of the corpse of Arctic fox puppy (Vulpes lagopus semenovi Ognev) at the age of 3-4 months, delivered from Medny Island, which is part of the Commander Islands (Russia). At the Department of Parasitology named after V.L. Yakimov of the St. Petersburg State University of Veterinary Medicine biological material was placed in 50% glycerin and examined by light microscopy using a Primo Star Zeizz microscope (Germany) under magnification of 40 and 100. Microscopy revealed acariform mites in all phases of develop-

ment: egg, larvae, nymphs and adults. According to morphological features, such as: body shape, limb length, location of ambulacres on them, structure of the gnatosome, ticks are identified to the genus *Otodectes*. Microscopy of scrapings from the scalp, back, lateral surfaces, front and hind limbs of the arctic fox and wool with epidermal scales revealed ticks with morphological features characteristic of the genus. Otodectes. In the scrapings in the field of view at 40-fold magnification, the number of ticks ranged from 12 to 20 and indicated a high intensity of invasion. Since skin-eating ticks, including otodectes, have high specificity for the localization site, therefore, the detection of ticks of the genus. *Otodectes* in places of localization not specific to them is interesting in order to study their species affiliation. The purpose of further research will be a genetic analysis of ticks found on the surface of the arctic fox body to confirm the validity of the species parasitizing in carnivores - *O.cynotis*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гольцман, М. Е. Песец Alopex lagopus (Linnaeus, 1758) / М. Е. Гольцман, Е. П. Крученкова // Красная книга Российской Федерации. – 2-ое издание. – Москва: ФГБУ ВНИИ Экология, 2021. – С. 972-975. – EDN GCFWTN

2. Джикия Е.Л. Генетический полиморфизм командорских популяций песцов (*Alopex lagopus semenovi* Ognev 1931, *A. l. beringensis* Merriam 1902). Диссертация на соискание ученого звания кандидата биологических наук. МГУ. Москва. 2008. 120 с.

3. Бочарова, Н. А. Микроскопическое исследование кожного покрова песца Alopex Lagopus Semenovi Ognev, 1931 о. Медный (Командорские острова) / Н. А. Бочарова, М. Е. Гольцман // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы IX международной научной конференции, посвященной 100-летию с начала Камчатской экспедиции Императорского Русского географического общества, снаряженной на средства Ф.П. Рябушинского, Петропавловск-Камчатский, 25–26 ноября 2008 года. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, 2008. – С. 250-253. – EDN RRTABZ.

4. Домацкий, В.Н. Оценка паразитологической ситуации по отодектозу кошек в Российской Федерации /В.Н. Домацкий, Ю.В. Глазунов, Л.А. Глазунова// Вестник КрасГАУ. – 2022. – №12(189). – С.118-126.

5. Латкина, Е.И. Распространение отодектоза собак и кошек в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа и изучение эффективности новых препаратов при этой инвазии // Е.И. Латкина: автореф.дис…канд.вет.наук: - Тюмень, 2009. – С. 9-11.

6. Литвинова Валентина Алексеевна. Отодектоз голубых песцов: Морфология, биология, эпизоотология и лечение: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.00.19. – Уфа, 2002. – 115 с.

7. Ятусевич А.И. Отодектесы в паразитарной системе животных: монография /А. И. Ятусевич, Л. И. Рубина. – Витебск: ВГАВМ, 2022. – 200 с. – ISBN 978-985-591-145-7.

8. Бочков, А. В. Паразито-хозяинные отношения акариформных клещей (Acariformes) – постоянных паразитов млекопитающих / А. В. Бочков // Труды Зоологического института РАН. – 2016. – Т. 320, № S4. – С. 160-263. – EDN XROQEP

9. Отранто Д. Otodectes cynotis (Acari: Psoroptidae): изучение выживаемости вне организма хозяина в естественных и лабораторных условиях / Д. Отранто, П. Милилло, П. Место, Д. Де Капрариис, С. Перруччи, Г. Капелли // Exp Appl Acarol. – 2004;32(3):171-9. doi: 10.1023/b: appa.0000021832.13640.ff.

10. Wiegand S. Otitis Externa / S.Wiegand, R. Berner, A. Schneider, E. Lundershausen, A. Dietz // Dtsch Arztebl Int. – 2019. –Mar 29116 (13). –P.224-234. doi: 10.3238/arztebl.2019.0224.

11. Ромашова, Е. Б. Фауна эктопаразитов пушных зверей в зверохозяйствах Тверской области / Е. Б. Ромашова, Ю. Е. Куз-

нецов // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 73-80. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.2.73. – EDN NRJWZO.
12. Хествик Г. Обнаружение нового вида клеща Chorioptes в наружном слуховом канале лося: характеристика паразита и вызываемой им патологии/ Г. Хествик, М.Захлер-Риндер, Д. Гавьер-Вайден, Р. Линдберг, Р. Меттссон, Д. Моррисон, С. Борнштейн // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2008. –№1. – С.26-30.

REFERENCES

1. Goltsman, M. E. Arctic Fox Alopex lagopus (Linnaeus, 1758) / M. E. Goltsman, E. P. Kruchenkova // Red Book of the Russian Federation. – 2nd edition. – Moscow: Federal State Budgetary Institution VNII Ekologiya, 2021. – pp. 972-975. – EDN GCFWTN (In Russ.).
Начало формы
Конец формы
2. Jikiya E.L. Genetic polymorphism of Commander Arctic fox populations (Alopex lagopus semenovi Ognev 1931, A. L. beringensis Merriam 1902). Dissertation for the academic title of Candidate of Biological Sciences, Moscow State University. Moscow. 2008. 120 p
3. Bocharova, N. A. Microscopic examination of the skin of the Arctic fox Alopex Lagopus Semenovi Ognev, 1931 o. Medny (Commander Islands) / N. A. Bocharova, M. E. Goltsman // Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas: Proceedings of the IX international scientific conference dedicated to the 100 th anniversary of the beginning of the Kamchatka expedition of the Imperial Russian Geographical Society, equipped at the expense of F.P. Ryabushinsky, Petropavlovsk-Kamchatsky, November 25-26, 2008. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2008, pp. 250-253.
4. Domatsky, V. N. Evaluation of the parasitological situation on cat otodectosis in the Russian Federation / V. N. Domatsky, Y. V. Glazunov, L. A. Gla-zunova // Vestnik KrasGAU. – 2022. – № 12(189). – C.118-126 (In Russ.).
5. Latkina, E.I. Spread of otodectosis of dogs and cats in Surgut district of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug and study of the effectiveness of new drugs for this invasion // E.I. Latkina: autoref. dis ... candidate of veterinary sciences: - Tyumen, 2009. – C.9-11(In Russ.).
6. Litvinova Valentina Alekseevna. Otodectosis of blue foxes: Morphology, biology, epizootology and treatment: dissertation ... candidate of biological sciences: 03.00.19. – Ufa, 2002. – 115 c (In Russ.).
7. Yatusevich, A.I. Otodectes in the parasitic system of animals: monograph / A.I. Yatusevich, L.I. Rubina. - Vitebsk: VGAVM, 2022. – 200 c.
8. Bochkov, A. V. Parasite-host relationships of acariform mites (Acariformes) - permanent parasites of mammals / A. V. Bochkov // Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. – 2016. – VOL. 320, NO. S4. –C.160-263. – EDN XROQEP (In Russ.).
9. Otranto, D. Otodectes cynotis (Acari: Psoroptidae): study of survival outside the host in vivo and in vitro / D. Otranto, P. Milillo, P. Mesto, D. De Caprariis, S. Perrucci, G. Capelli // Exp Appl Acarol. – 2004; 32 (3):171-9.
10. Wiegand, S. Otitis Externa / S.Wiegand, R. Berner, A. Schneider, E. Lun-dershausen, A. Dietz // Dtsch Arztebl Int. – 2019. – Mar 29116 (13). – P.224-234. doi: 10.3238/arztebl.2019.0224.
11. Romashova, E. B. Fauna of ectoparasites of fur-bearing animals in the fur farms of the Tver region / E. B. Romashova, Yu. E. Kuznetsov // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2024. – No. 2. – pp. 73-80. –
12. Hestvik, G. Detection of a new species of mite Choriortes in the external auditory canal of elk: characterization of the parasite and pathology caused by it / G. Hestvik, M. Zahler-Rinder, D. Gavier-Weiden, R. Lindberg, R. Mettsson, D. Morrison, S. Bornstein // Russian Veterinary Journal. Agricultural animals. – 2008. – 1. – C.26-30 (In Russ.).

УДК: 616.995.132:599.742.21(571.61)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.114

ИНВАЗИРОВАННОСТЬ ТРИХИНЕЛЛЕЗОМ БУРОГО МЕДВЕДЯ (*URSUS ARCTOS*) В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАПСУЛ ЛИЧИНОК ТРИХИНЕЛЛ

Бондаренко Г.А.* – науч. сотр. (ORCID 0000-0001-8641-2388); **Соловьева И.А. –** канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3946-4593); **Остякова М.Е.** – д-р биол. наук, директор (ORCID 0000-0002-2996-0991); **Трухина Т.И.** – канд. с/х. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-4882-6971).

ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт»

* galy78@yandex.ru

Ключевые слова: *трихинеллез, капсулы, личинки трихинелл, бурый медведь, Амурская область.*
Key words: *trichinellosis, capsules, trichinella larvae, brown bear, Amur region.*

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках государственного задания ФГБНУ ДальЗНИВИ по теме FNGS-2022-0002 «Теоретическое обоснование и разработка средств, методов и способов диагностики, терапии и профилактики наиболее распространенных и экономически значимых болезней животных, птицы и пчел различной этиологии».*

Поступила: 30.01.2025 **Принята к публикации: 20.02.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Трихинеллез – паразитарная болезнь, вызываемая внедрением личинок трихинелл в организм. Заражение человека происходит при употреблении в пищу инвазированного личинками трихинелл мяса животных. Для населения Дальневосточного федерального округа одним из основных источников инвазии является бурый медведь. Цель исследования – определить экстенсивность и интенсивность инвазии (ЭИ, ИИ), а также изучить морфологические показатели капсул личинок трихинелл бурого медведя (*Ursus arctos*) на территории Амурской области. Анализ официальных статистических данных Управления ветеринарии Амурской области и ГБУ АО «Амурская областная ветеринарная лаборатория» за период 2019-2023 гг. показал, что трихинеллезом инвазированы дикие животные: бурый медведь, дикий кабан и барсук. В ФГБНУ ДальЗНИВИ были проведены собственные исследования по изучению зараженности личинками трихинелл бурых медведей. Определяли показатели ЭИ, ИИ, индекс формы капсул личинок трихинелл. Морфологические промеры капсул личинок трихинелл проводили окуляр-микрометром, измеряя в микрометрах. Методом компрессорной микроскопии и перевариванием в ИЖС выявлено заражение бурого медведя на территории Амурской области с показателями ЭИ 12,5%, ИИ – 84,7 лич/г, при $p<0,05$. Морфологические показатели капсул и личинки составляют: дли-

на капсулы 425,7±7,49 мкм, ширина 388,4±3,81 мкм, толщина капсулы с боков 39,2±1,69 мкм, на полюсах 44,8±2,68 мкм, толщина личинки трихинелл 40,5±1,45 мкм, при достоверности каждого показателя $p<0,05$. Индекс формы капсул личинок трихинелл составил 0,91 мкм (округлая форма). Показатели ЭИ и ИИ у бурого медведя, свидетельствуют об очаге природного трихинеллеза на территории Амурской области. Морфологические значения формы капсул личинок трихинелл у бурого медведя Амурской области могут быть использованы для изучения периода заражения животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Трихинеллез – биогельминтоз, вызываемый личинками трихинелл, которые локализуются в скелетной мышечной ткани и располагаются под сарколеммой мышечного волокна. Возбудитель трихинеллеза впервые был описан в 1835 году английскими студентом Педжетом и патологом Оуэном. Заражение происходит при употреблении зараженного личинками трихинелл мяса животных. В 1846 году американский биолог Джозеф Лейди установил заражение *Trichinella spiralis* в свинине, что привело к открытию причины трихинеллеза у человека [11].

Характерные признаки заражения проявляются через 3-45 дней (лихорадка, отек век, одутловатость лица, боли в мышцах, высыпания на коже в виде зудящих пятен и бугорков, реже кровоизлияний. Болезнь может протекать в разных формах: от лёгкой до тяжелой с последующей инвалидизацией или летальным исходом. Во врачебной практике описаны случаи с изначально ошибочным диагнозом из-за схожести симптомов с другими заболеваниями. Так, например, впервые заболевание было описано в 1860 году после вскрытия девушки, употребившей ветчинно-колбасные изделия из свинины, был установлен диагноз брюшной тиф. Случай произошел в Саксонии, заболевание характеризовалось поносом, слабостью, сильными мышечными болями, через месяц девушка скончалась и по результатам вскрытия установлена причина заболевания, в мышцах обнаружены личинки трихинелл. Таким образом, Ценкер доказал, что личинка трихинеллы является причиной заболевания [1,8].

Трихинеллез регистрируется во многих странах, в том числе и в Российской Федерации. В 2023 г. зарегистрировано 89 случаев трихинеллеза в РФ (0,06 на 100 тыс. населения), что выше показателя прошлого года в 3,0 раза (2022 г. – 0,02 на 100 тыс. населения), и выше среднемноголетнего показателя на 20 % (0,05 на 100 тыс. населения) [10]. Трихинеллез зарегистрирован в 28 субъектах Российской Федерации. Заражение человека происходит при употреблении в пищу мяса домашних и диких животных, инвазированного личинками трихинелл. Для населения Дальневосточного федерального округа (ДФО) одним из основных источников инвазии является бурый медведь [3, 5]. По разным литературным данным экстенсивность инвазии (ЭИ) бурого медведя трихинеллезом колеблется от 2,4 % в Сахалинской области до 30,6 % в Камчатском крае [12]. В Тюменской области ЭИ медведя – 7,9% [7]. У бурого медведя на юге Забайкальского края ЭИ трихинеллезом составляла 21,4 % [5] В Центральном Нечерноземье РФ у медведей ЭИ составила 42,8%[7]. При трихинеллоскопии мяса медведей в Кировской области обнаружили личинок трихинелл у 15% животных [5]. Цель нашего исследования – определить экстенсивность и интенсивность инвазии трихинеллезом, а также изучить морфологические показатели капсул личинок трихинелл бурого медведя, обитающего на территории Амурской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для определения основных источников заражения трихинеллезом провели анализ официальных статистических данных Управления ветеринарии Амурской области и ГБУ АО «Амурская областная ветеринарная лаборатория» за период 2019-2023 гг.

Заражение личинками трихинелл устанавливали у одного вида из отряда хищных (Carnivora), семейство медвежьи (Ursidae), род медведи (*Ursus*) – бурых

медведей (*Ursus arctos*), добытых на территории Амурской области. Заражение определяли двумя методами – методом компрессорной микроскопии и переваривании в ИЖС, в соответствии с МУК 4.2.2747-10 [9]. Устанавливали показатели ЭИ и ИИ: ЭИ – количество зараженных животных к общему количеству исследованных, в процентах; ИИ определяли просчетом количества выявленных личинок в 1 грамме скелетной мышечной ткани (лич/г). Для изучения морфологических показателей производили промеры капсул личинок трихинелл с помощью окуляр-микрометра, измеряли длину и ширину капсулы, толщину капсулы на полюсах и с боков, а также толщину самой личинки, в мкм. Определение индекса формы капсулы производили математически, путем просчета соотношения диаметра (ширины) к её длине. Результаты измерений представлены в микрометрах. Всего было изучено 8 туш бурых медведей (*Ursus arctos*), добытых в Архаринском и Бурейском административных округах Амурской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

По данным Управления ветеринарии Амурской области и ГБУ АО «Амурская областная ветеринарная лаборатория» на территории Амурской области за период 2019-2023 гг. было исследовано 23902 туш домашних свиней и 661 диких животных, выявлен трихинеллез у 10 диких животных: в 2018 году выявлена 1 зараженная рысь, в 2019 году выявлено 9 зараженных трихинеллезом диких животных – 5 диких кабанов, 2 медведя, 1 барсук, в 2021 году выявлен 1 зараженный трихинеллезом медведь (табл.1).

Таблица 1 – Результаты исследований животных на трихинеллез на территории Амурской области за период 2018-2023 гг. (форма 5-вет)

Вид животного	2019		2020		2021		2022		2023	
	Исследовано всего	Положительно	Исследовано всего	Положительно	Исследовано всего	Положительно	Исследовано всего	Положительно	Исследовано всего	Положительно
Свинья домашняя	19633	0	12	0	-	-	-	-	4257	0
Дикие животные, в т.ч.:	239	8	258	0	108	1	48	0	8	0
Бурый медведь	-	2	-	0	-	1	-	0	-	0
Кабан дикий	-	5	-	0	-	0	-	0	-	0
Барсук	-	1	-	0	-	0	-	0	-	0

Таким образом, исходя из официальных данных установлено, что наиболее инвазированными личинками трихинелл, видами животных в Амурской области, являются дикие кабаны и бурые медведи. По результатам проведенных собственных исследований установлена экстенсивность инвазии бурых медведей 12,5 %. Интенсивность инвазии поперечно-полосатой мышечной ткани составила 84,7 личинок в грамме при $p<0,05$, наибольшие показатели зараженности выявлены в диафрагме 122 лич/г.

Также были изучены капсулы личинок трихинелл в мышечной ткани зараженного личинками трихинелл бурого медведя по следующим морфологическим показателям – длина и ширина капсулы, толщина капсулы с боков и на полюсах, а также толщина самой личинки трихинеллы (табл.2). По данным значениям длины и ширины капсулы личинок трихинелл определен индекс формы, который для бурого медведя составил 0,91 – округлая форма.

Таблица 2 – Морфологические измерения капсул личинок трихинелл бурого медведя (*Ursus arctos*) Амурской области

№	Длина капсулы, мкм	Ширина капсулы, мкм	Толщина капсулы, мкм		Толщина личинки, мкм
			бок	полюс	
1	425,7	379,8	45,9	37,8	38,7
2	446,4	381,6	42,3	53,1	43,2
3	415,8	378,9	35,1	39,6	38,7
4	432,0	394,2	37,8	49,5	43,2
5	439,2	395,1	36,0	49,5	35,1
6	395,1	400,5	37,8	39,6	44,1
M±m	425,7±7,49***	388,4±3,81***	39,2±1,69***	44,8±2,68***	40,5±1,45***

*Примечание: *** - p<0,001.*

Обнаружение личинок трихинелл у бурых медведей свидетельствует о циркуляции трихинеллеза в природных биоценозах на территории Амурской области и соответствует данным полученными учеными на территории других краев и областей РФ [2,3,5,6,7,12]. Медведь относится к всеядным хищникам, употребляющим падаль, также встречается и каннибализм, что увеличивает вероятность встречи с трихинеллезными животными, тем самым являясь накопителем (резервуаром) личинок трихинелл. Особую опасность употребления зараженного трихинеллезом бурого медведя представляет заражение группы людей, так как медведь – большое массивное животное, при добыче его употребляют несколько человек (семей), также мясо может быть реализовано в продаже без соответствующих документов и проведенной ветсанэкспертизы. Следует заострить внимание и на употреблении медвежьего жира в качестве лечебного средства, который при неаккуратной разделке туши и попадания мясных прожилок, может послужить причиной заражения человека.

Результаты по интенсивности инвазии в диафрагме у бурого медведя в Амурской области соответствует значениям, полученным в Забайкальском крае и средней интенсивности инвазии в Кировской области 100-150 личинок в грамме [5,6]. По форме капсул личинок трихинелл у медведя в Амурской области несколько отличаются от данных, полученных в Кировской области, где у медведя преобладает овальная форма с индексом 0,66 [5]. Возможно, такие различия связаны как с различием видов выявленных трихинелл, выборкой или различием по времени заражения самого животного.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Экстенсивности инвазии личинками трихинелл бурого медведя (*Ursus arctos*) на территории Амурской области составила 12,5%.

Средняя интенсивность инвазии личинками трихинелл в мышечной ткани бурого медведя составила 84,7 лич/г.

Морфологические показатели капсул личинок трихинелл имеют следующие показатели: длина капсулы 425,7±7,49 мкм, ширина –388,4±3,81 мкм; толщина капсулы с боков 39,2±1,69 мкм, на полюсах 44,8±2,68 мкм; толщина личинки трихинелл – 40,5±1,45 мкм с достоверными значениями при p<0,05.

Индекс формы капсул личинок трихинелл определен показателем 0,91 мкм (округлая).

Таким образом, определены показатели ЭИ и ИИ у бурого медведя, которые свидетельствуют об очаге природного трихинеллеза на территории Амурской области. В этом аспекте важна правильная и своевременная утилизации зараженных животных и отходов продуктов охоты в полевых условиях, что значительно сократит очаги природного трихинеллеза. Установленные морфологические значения капсул личинок трихинелл характе-

ризуют форму капсул личинок трихинелл (округлая) у исследуемого вида животного – бурого медведя Амурской области, а также характеризуют возрастные особенности и могут быть использованы для изучения периода заражения животных.

BROWN BEAR (URSUS ARCTOS) TRICHINOSIS INFESTATION MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF CAPSULES OF TRICHINELLA LARVAE IN THE AMUR REGION

Bondarenko G.A.* – researcher (ORCID 0000-0001-8641-2388); **Solovyeva I.A.** – PhD in Biology, leading research fellow (ORCID 0000-0003-3946-4593); **Ostyakova M.E.** – Doctor of Biology, director (ORCID 0000-0002- 2996-0991); **Trukhina T.I.** – PhD in Agriculture, senior research fellow. (ORCID 0000-0003-4882-6971).

Federal State Budgetary Scientific Institution "Far Eastern Zonal Research Veterinary Institute"

* galy78@yandex.ru

Funding: *The materials were prepared within the framework of the state assignment FSBSI FEzRVI on the topic FNGS-2022-0002 "Theoretical substantiation and development of means, methods and techniques for diagnostics, therapy and prevention of the most common and economically significant diseases of animals, birds and bees of various etiologies".*

ABSTRACT

Trichinellosis is a parasitic disease caused by the introduction of Trichinella larvae into the body. Humans become infected by eating animal meat infected with Trichinella larvae. For the population of the Far Eastern Federal District, one of the main sources of invasion is the brown bear. The aim of the study was to determine the extensiveness and intensity of invasion (EI, II), as well as to study the morphological parameters of the capsules of brown bear Trichinella larvae (*Ursus arctos*) in the Amur Region. An analysis of official statistics from the Veterinary Department of the Amur Region and the State Budgetary Institution JSC Amur Regional Veterinary Laboratory for the period 2019-2023 showed that wild animals infected with trichinellosis were brown bear, wild boar and badger. The FSBSI FEzRVI conducted its own studies to study the infection of brown bears with Trichinella larvae. The EI, II, and capsule shape index of Trichinella larvae were determined. Morphological measurements of Trichinella larval capsules were performed using an ocular micrometer, measured in micrometers. Using compressor microscopy and digestion in IZHS, infection of a brown bear in the Amur Region was revealed with the EI of 12.5% and II of 84.7 lic/g, with $p<0.05$. The morphological indices of the capsules and larvae are as follows: capsule length 425.7±7.49 μm, width 388.4±3.81 μm, lateral capsule thickness 39.2±1.69 μm, poles 44.8±2.68 μm, Trichinella larval thickness 40.5±1.45 μm, with each index being reliable at $p<0.05$. The capsule shape index of Trichinella larvae was 0.91 μm (round shape). The EI and II indices of the brown bear indicate a focus of natural trichinellosis in the Amur Region. The morphological values of the capsule shape of Trichinella larvae in the brown bear of the Amur Region can be used to study the period of infection of animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Благова Н.Н., Худоян З. Г., Дружинина Т. А., Круговая М. К. Клинико-эпидемиологическая характеристика трихинеллеза: обзор литературы и описание случая инвазии //Санитарный врач. – 2021. – №. 3. – С. 8-15. DOI:10.33920/med-08-2103-01 https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44876095

2. Бондаренко Г. А., Соловьева И. А., Трухина Т. И., Иванов Д. А. Мониторинг трихинеллеза в южных субъектах Дальневосточного федерального округа // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2022. – № 2(222). – С. 106-111. – DOI 10.37102/0869-7698_2022_222_02_9. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=48563556

3. Виноградова Ю. А., Глазунов Ю. В. Особенности трихинеллезной инвазии у животных в Тюменской области // АПК:

инновационные технологии. – 2020. – № 4. – С. 6-12. – DOI 10.35524/2687-0436_2020_04_06. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44282564
4. Драгомерецкая, А.Г., Иванова И.Б., Зайцева Т.А. Эпидемиологическая ситуация по трихинеллезу в Дальневосточном федеральном округе Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 10 (283). – С. 44-48. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=27163094
5. Жданова О. Б., Окулова И. И., Успенский А. В., Написанова Л. А. Морфофункциональные особенности личинок трихинелл у медведей и барсуков в Кировской области // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 63–69. https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-63-69. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=48084319
6. Кирильцов Е. В. Популяционные исследования основных паразитарных систем диких животных Юга Забайкальского края / Е. В. Кирильцов // Пермский аграрный вестник. – 2024. – № 2(46). – С. 110-118. – DOI 10.47737/2307-2873_2024_46_110. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=68529297
7. Крючкова, Е. Н., Абалихип Б. Г., Соколов Е. А. Современная ситуация по трихинеллезу в Центральном Нечерноземье Российской Федерации // Ветеринарный врач. – 2019. – № 5. – С. 28-32. – DOI 10.33632/1998-698X.2019-5-28-32. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=41170805
8. Маяцкая, Н.К. Фридрих Альберт Ценкер // Вестник молодого ученого. – 2017. - №2(17). – С.3.
9. МУК 4.2.2747-10 Методы санитарно-паразитологической экспертизы мяса и мясной продукции. Методические указания [Электронный ресурс] URL: http// docs.cntd.ru/document/1200084304 (дата обращения: 15.11.2024).
10. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году: Государственный доклад. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2024. – 364 с. – URL: https://rospotrebnadzor.ru/documents/ (дата обращения 15.11.2024)
11. Саньков А. В., Санькова М. В. Современный взгляд на проблему трихинеллёза // НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ и ИННОВАЦИИ : сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 августа 2023 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. – С. 152-155.
12. Середкин И. В. Трихинеллез бурого и гималайского медведей на Дальнем Востоке России // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 12(111). – С. 167-173. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25054291

REFERENCES

1. Blagova N.N., Khudoyan Z. G., Druzhinina T. A., Krugovaya M. K. Kliniko-epidemiologicheskaya kharakteristika trikhinelleza: obzor literatury i opisaniye sluchaya invazii // Sanitary doctor. 2021: 3: 8-15. – DOI: 10.33920/med-08-2103-01 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44876095 (In Russ.)
2. Bondarenko, G. A., Solovieva I. A., Trukhina T. I., Ivanov D. A. Monitoring trichinellosis in the southern regions of the Far Eastern Federal District // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. 2022: 2 (222):106-111. – DOI 10.37102/0869-7698_2022_222_02_9. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48563556 (In Russ.)
3. Vinogradova, Yu. A., Glazunov Yu. V. Features of trichinellosis invasion in animals in the Tyumen region // AIC: innovative technologies. 2020: 4: 6-12. – DOI 10.35524/2687-0436_2020_04_06. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44282564 (In Russ.)
4. Dragomeretskaya A.G., Ivanova I.B., Zaitseva T.A. Epidemiological situation of trichinellosis in the Far Eastern Federal District of the Russian Federation // Population Health and Habitat. 2016: 10 (283):44-48. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27163094 (In Russ.)

5. Zhdanova, O. B., Okulova I. I., Uspensky A. V., Napisanova L. A. Morphofunctional features of Trichinella larvae in bears and badgers in the Kirov region // Russian Journal of Parasitology.2022:16:1:63–69. – https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-63-69 URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48084319 (In Russ.)
6. Kiriltsov, E. V. Population studies of the main parasitic systems of wild animals in the south of the Trans-Baikal Territory // Perm Agrarian Bulletin. 2024: 2 (46): 110-118. – DOI 10.47737/2307-2873_2024_46_110. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=68529297 (In Russ.)
7. Kryuchkova E. N., Abalihip B. G., Sokolov E. A. Current situation with trichinosis in the Central Non-Black Earth Region of the Russian Federation // Veterinary doctor. 2019: 5: 28-32. – DOI 10.33632/1998-698X.2019-5-28-32. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41170805 (In Russ.)
8. Mayatskaya N. K. Friedrich Albert Zenker // Bulletin of the young scientist. 2017: 2 (17): 3. (In Russ.)
9. MUK 4.2.2747-10 Methods of sanitary and parasitological examination of meat and meat products. Methodological guidelines [Electronic resource] URL: http//docs.cntd.ru/document/1200084304 (date of access: 11/15/2024).
10. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2023: State report. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2024. - 364 p. - URL: https://rospotrebnadzor.ru/documents/ (date of access 11/15/2024)
11. Sankov A. V., Sankova M. V. Modern view on the problem of trichinellosis // Science and education: Topical issues, achievements and innovations: collection of articles of the IX International scientific and practical conference, Penza, August 25, 2023. - Penza: Science and Education (IP Gulyaev G. Yu.). 2023: 152-155. (In Russ.)
12. Seredkin I. V. Trichinellosis of brown and Himalayan bears in the Russian Far East // Bulletin of KrasSAU. 2015: 12 (111):167-173. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25054291 (In Russ.)

УДК: 616.995.132:599.742.17(571.663)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.121

ОБНАРУЖЕНИЕ *SPIROCERCA SP.* (NEMATODA: SPIPURIDAE) У ПЕСЦА (*VULPES LAGOPUS SEMENOVI* OGNEV, 1931) О. МЕДНЫЙ (КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА)

Гаврилова Н.А.*[1] – д-р ветеринар. наук, проф., проф. каф. паразитологии им. В.Л. Якимова (ORCID 0000-0001-5651-5976); **Гапонова В.Н.** [1] – канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. патологической физиологии (ORCID 0000-0001-8528-7992); **Левтеров Д.Е.** [1] – канд. ветер. наук, доц., доц. каф. патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины (ORCID 0000-0001-7110-0952); **Мамаев Е.Г.** [2] – канд. биол. наук, зам. директора по науч. работе (ORCID 0000-0003-2911-010X).

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[2] ФГБУ «Национальный парк «Командорские острова» имени С.В. Маракова»

* nadezhda.gavrilova65@mail.ru

Ключевые слова: песец, остров Медный, некропсия, желудок, спироцерка, морфология
Key words: Arctic fox, Medny Island, necropsy, gastric, spirocercus, morphology

Поступила: 07.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты патолого-анатомического вскрытия трупа песца, доставленного с о. Медный (Командорские острова). В связи с резкой депрессией уникальной популяции медновского (командорского) песца – единственного хищника острова Медный и важного элемента местной экосистемы сохранение данного подвида является актуальной задачей для исследователей. Паразитарные болезни широко распространены у песцов, и исследователи рассматривают гельминтозы песца, как один из возможных лимитирующих факторов депрессии популяции. В связи с этим, целью нашего исследования стал паразитологический анализ органов и тканей, а также анализ патоморфологических изменений, повлекших за собой смерть животного. Работа проводилась на кафедрах патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины, патологической физиологии и паразитологии им. В.Л. Якимова ФГБОУ ВО СПбГУВМ. При патологоанатомическом вскрытии трупа животного обнаружены признаки алиментарной дистрофии, а также острый катарально-эрозивный гастрит с кровотечением в полость желудка. По результатам паразитологического исследования в опухолевидной гранулеме стенки желудка и в его полости было обнаружено 11 взрослых особей нематод красного цвета, длиной 40–60 мм. Морфологические данные и локализация нематод дали основание идентифицировать их до р. *Spirocerca*. Ранее о находках гельминтов р. *Spirocerca* у песцов о. Медный не сообщалось.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В северной части Тихого океана находится небольшой остров Медный (Командорские острова), где обитает уникальная популяция песцов *Vulpes (Alopex) lagopus* Linnaeus*,* 1758*, (Vulpes lagopus semenovi* Ognev*,*1931). Этот реликтовый подвид песца занесен в Красную книгу РФ [1]. С 1923 по 1950-е гг. развивалось островное звероводство и в этот период численность песцов на острове Медный доходила до тысячи животных, но в 1964 году добыча песца прекратилась. В 1975 году начался резкий спад численности медновского песца в результате эпизоотии ушной чесотки, приводившей к массовой гибели щенков. Паразитарные болезни широко распространены у песцов, и исследователи рассматривают гельминтозы песца как один из возможных лимитирующих факторов депрессии популяции [2, 3]. Островная изоляция песца, особенность образа жизни и рациона зверей повлияли на формирование гельминтофаунистических комплексов [4]. Среди гельминтозов зарегистрированы такие инвазии, как трихинеллез, унцинариоз, токсаскариоз [2, 3, 4]. Исследования 2024 г. показали, что популяция песцов снова начала стремительно снижаться. Сохранение популяции медновского (командорского) песца – единственного хищника острова Медный и важного элемента местной экосистемы является актуальной задачей для исследователей. Для установления возможных факторов, определяющих смертность этих уникальных животных, нами было проведено детальное исследование трупа песца *Vulpes (Alopex) lagopus* Linnaeus*,* 1758*, (Vulpes lagopus semenovi* Ognev,1931).

Целью нашего исследования стал паразитологические исследования органов и тканей, а также анализ патоморфологических изменений, повлекших за собой смерть животного.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводилось на трупе самца песца *Vulpes (Alopex) lagopus* Linnaeus*,* 1758*, (Vulpes lagopus semenovi* Ognev,1931), предположительно возраста 2,5–3 месяца, темно-серого окраса, пропорционального телосложения, длиной от кончика носа до основания хвоста 44 см. После замораживания труп был доставлен с о. Медный в прозекторий кафедры патологической анатомии и судебной ветеринарной медицины ФГБОУ ВО СПбГУВМ.

Патологоанатомическое вскрытие трупа проводили по методу Шора с полным извлечением органокомплекса при соблюдении процедурных этапов: наружного осмотра, внутреннего осмотра, взятия патологического материала для дополнительных исследований, анализа полученных результатов с формулированием патологоанатомического диагноза и заключения о причине смерти.

На кафедре патологической физиологии ФГБОУ ВО СПбГУВМ в рамках неполного гельминтологического вскрытия нами было проведено исследование желудочно-кишечного тракта методом последовательного промывания.

На кафедре паразитологии им В.Л. Якимова ФГБОУ ВО СПбГУВМ для уточнения морфологических особенностей и идентификации визуально обнаруженных паразитов их помещали на предметные стекла в 50% глицерин и исследовали по методу световой микроскопии при помощи микроскопа Primo Star Zeiss (Германия), оснащенного цифровой камерой Axiocam 105 coor, Zeiss.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Некропсией установили истощение животного. Подкожная клетчатка песца тонкая, неравномерно окрашена с участками светло-серого и серовато-розового цвета с синюшным оттенком, блестящая, влажная, жировые отложения отсутствовали. Мышцы умеренно развитые, розово-красного цвета с синюшным оттенком, дрябловатой консистенции (рис. 1.).

Отмечались нечёткие границы правой доли щитовидной железы размерами 1х0,3х0,1 см, веретеновидной формы, розово-красного цвета. Левая доля в ходе исследования не найдена, что говорит об атрофии железы.



Рисунок 1 – Внешний вид трупа песца, доставленного с о. Медный (фото: оригинал).

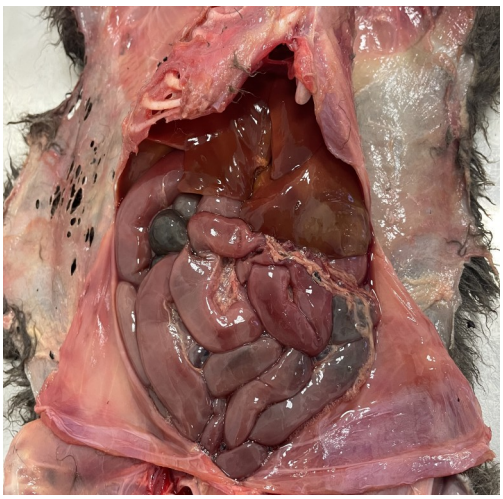


Рисунок 2 – Органы брюшной полости песца (фото: оригинал).

Во время внутреннего осмотра трупа шейные и грудная доли тимуса не обнаружены, что свидетельствует об атрофии данного органа.

Легкие неспавшиеся, неравномерно окрашенные: участки красного цвета с синюшным оттенком сочетались с обширными участками и мелкими пятнами/точками темно-красного цвета, приподнятыми участками красновато-белого цвета. Консистенция органа тестоватая, краниальной доли правого легкого – плотноватая, красновато-белых участков – пушистая. На разрезе поверхность легких влажная. Кусочки лёгких плавали, погрузившись в воду, из краниальной доли правого легкого – тонули. Данные изменения указывают на острую венозную гиперемию, кровоизлияния, отек и очаговую альвеолярную эмфизему легких, а также острую серозную/гипостатическую лобарную пневмонию краниальной доли правого легкого.

При осмотре органов брюшной полости обнаружено незначительное количество жировых отложений серо-розового цвета, плотной консистенции в сальнике и брыжейке при отсутствии в жировых капсулах почек (рис. 2), что также свидетельствует об истощении животного.

У печени отмечались острые края. С поверхности и на разрезе орган окрашен неравномерно: на фоне участков серо-красного и желто-коричневого цвета были заметны многочисленные красные точки, консистенция дряблая, поверхность разреза блестящая. Данные изменения соответствуют жировой дистрофии и острой венозной гиперемии печени.

Почки размерами 2,5х1,5х1 см, правильной формы, овальные. Края разреза левой почки складывались не полностью, правой почки – складывались, фиброзная капсула снималась легко. Поверхность обеих почек серо-розового цвета, гладкая, консистенция дряблая, на разрезе кора серо-розового цвета, мозговой слой – серо-красного цвета, граница четкая. По результатам исследования установлена белковая дистрофия почек.

Серозная оболочка желудка красновато-серого цвета с синюшным оттенком, гладкая, влажная, сосуды кровенаполнены. Содержимое представлено умеренным количеством серовато-красно-коричневой мутноватой полужидкой слизистой массы с включениями красно-коричневого и черно-красного цвета, упругой консистенции, не смывавшейся водой. Слизистая оболочка складчатая (складки расправлялись), набухшая, серо-красного цвета с синюшным оттенком, блестящая, содержала множественные мелкие поверхностные углубления красно-коричневого и черно-красного цвета (рис. 3). Данные изменения свидетель-

ствуют об остром катарально-эрозивном гастрите с кровотечением в полость желудка.

Серозная оболочка тонкой кишки красно-серого цвета, гладкая, влажная; стенка тонкая, слабо эластичная. Содержимое красно-черного цвета, мутное, полужидкое слизистое со сгустками мягкой консистенции. Слизистая оболочка гладкая, тонкая, красно-серого цвета с синюшным оттенком, целостная [5].

Серозная оболочка толстой кишки имела красно-серый цвет, гладкая, влажная; стенка тонкая, слабо эластичная. Содержимое слепой и ободочной кишок красно-черного цвета, полужидкое слизистое со сгустками мягкой консистенции, слизистая оболочка складчатая (складки расправлялись), тонкая, красно-серого цвета с синюшным оттенком, целостная.

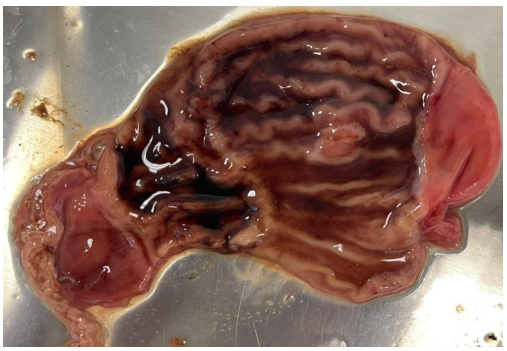


Рисунок 3 – Острый катарально-эрозивный гастрит с кровотечением в полость желудка (фото: оригинал).



Рисунок 4 – Нематода р. Spirocerca, извлеченная из желудка песца и помещенная в 50% глицерин (фото: оригинал).

По результатам паразитологического исследования в опухолевидной гранулеме стенки желудка и в его полости было обнаружено 11 взрослых особей нематод красного цвета, длиной 40-60 мм. Для уточнения морфологических особенностей и идентификации обнаруженных паразитов их поместили на предметные стекла в 50% глицерин (рис. 4).

Все взрослые особи *Spirocerca sp.* имели одинаковые морфологические характеристики, включая цвет (красный или розовый), длину, строение тела в передней и задней частях и размеры. Самки были немного крупнее самцов и имели одинаковые структуры переднего конца тела. Буккальная капсула гельминта рельефно выступает и отделена от тела перехватом. Ее образуют четыре цефалических сосочка (рис. 5).



Рисунок 5 – Головной конец нематоды Spirocerca sp., ув. х40 (фото: оригинал).



Рисунок 6 – Матка Spirocerca sp. с эмбрионизированными яйцами, ув. х100 (фото: оригинал).

На заднем конце самок находится щелевидный анус. В матке самок содержатся эмбрионизированные яйца (рис. 6). Вульва самок без дополнительных структур.

Задний конец самцов имеет каудальные крылья, преанальные, постанальные, преклоакальные и постклоакальные сосочки. Около кончика хвоста имеется группа мелких сосочков (рис. 7).

Морфологические данные и локализация нематоды дали основание идентифицировать ее до р. *Spirocerca* [5].

Ранее о находках гельминтов р. *Spirocerca* у песцов о. Медный не сообщалось.



Рисунок 7 – Хвостовой конец самца Spirocerca sp., ув. х100 (фото: оригинал).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Ряд исследователей диагностировали спироцеркоз у собак и лисиц преимущественно в странах с теплым климатом: Испании, Италии, Боснии и Герцеговины и др. [7, 8, 9, 10]. У песцов (*Vulpes lagopus semenovi,* Ognev, 1931) о. Медный в опухолевидной гранулеме стенки желудка и в его полости были обнаружены нематоды р. *Spirocerca* впервые. С большой вероятностью развитие острого катарально-эрозивного гастрита, кровотечения в полость желудка и, как следствие, алиментарная дистрофия обусловлены паразитированием данного гельминта. В патогенезе значительную роль играют мигрирующие личинки, которые вызывают кровоизлияния, рубцевание и/или образование фиброзных узелков на внутренней стенке аорты и могут вызвать стеноз или ее разрыв.

Окончательными хозяева обнаруженного паразита являются собаки, лисы, дикие псовые и реже кошки или дикие кошачьи. Промежуточные хозяева гельминта – жуки копрофаги: *Scarabaeus sacer*, *Akis*, *Atenchus*, *Gymnopleurus*, *Cauthon spp*. В качестве паратенических хозяев выступают многие позвоночные, такие как: грызуны, птицы, куры, насекомоядные и рептилии [6].

В условиях скудной кормовой базы на острове Медный песцы охотятся на морских птиц, поедают выброшенные на морской берег трупы ластоногих, китообразных и калана, а зимой питаются и морскими беспозвоночными, которые, возможно, явились резервуарными хозяевами для нематоды р. *Spirocerca*.

По результатам патологоанатомического вскрытия животного можно сделать вывод об алиментарной дистрофии, остром катарально-эрозивном гастрите с кровотечением в полость желудка.

DETECTION OF SPIROCERCA SP. (NEMATODA: SPIPURIDAE) IN THE ARCTIC FOX (ALOPEX LAGOPUS SEMENOVI, OGNEV,1931) ON MEDNY ISLAND (COMMANDER ISLANDS)

N.A. Gavrilova *[1] – Dr. Veterinarian Sciences, Prof., Prof. of the Department parasitology named after V.L. Yakimov (ORCID 0000-0001-5651-5976); **Gaponova V.N.** [1] – Candidate of Veterinarian Sciences, Associate professor of the Department of Pathophysiology (ORCID 0000-0001-8528-7992); **Levterov D.E.** [1] – Candidate of Veterinarian Sciences, Associate professor of the Department of Pathological Anatomy and Forensic Veterinary Medicine (ORCID 0000-0001-7110-0952); **Mamaev E.G.** [2] – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director. according to scientific. work, (ORCID 0000-0003-2911-010X).

[1] St. Petersburg State University of Veterinary Medicine
[2] FSBI National Park "Commander Islands" named after S.V. Marakov»

* nadezhda.gavrilova65@mail.ru

ABSTRACT

The article presents the results of the pathological examination of the corpse of an arctic fox delivered from Copper Island (Commander Islands). Due to the sharp depression of the unique population of the Mednovsky (commander) Arctic fox – the only predator of Medny Island and the key element of the local ecosystem, the preservation of this subspecies is an urgent task for researchers. Parasitic diseases are widespread in arctic foxes and researchers consider arctic fox helminthiasis as one of the possible limiting factors in population depression. In this connection, the purpose of our study was to analyze pathological changes in organs and tissues, including parasitological research, which entailed the cause of death of the animal. The work was carried out at the departments of pathological anatomy and forensic veterinary medicine, pathological physiology and parasitology named after V.L. Yakimov FSBEI HE SPbGUVM. According to the results of the postmortem autopsy of the animal, signs of alimentary dystrophy, as well as acute catarrhal erosive gastritis with hemorrhage to the stomach cavity were found. According to the results of parasitological research, 11 adult nematodes of red color, 40–60 mm long, were found in the tumor-like granuloma of the gastric wall and in its cavity. Morphological data and localization of nematodes gave reason to identify them up to the river. Spirocerca. Previously, about the finds of helminths p. Spirocerca in arctic foxes Copper Island did not communicate.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гольцман, М.Е. Песец Alopex lagopus (Linnaeus, 1758) / М.Е. Гольцман, Е.П. Крученкова // Красная книга Российской Федерации. – 2-ое издание. – Москва: ФГБУ ВНИИ Экология, 2021. – С.972–975.
2. Полюткина, Е.В. Трихинеллез млекопитающих различных экологических групп на территории острова Беринга Командорско-Алеутской островной дуги / Е.В. Полюткина, О.Е. Давыдова // Неделя молодежной науки: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 17–19 апреля 2024 года. – Москва: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии-МВА им. К.И. Скрябина, 2024. – С. 223–225.
3. Давыдова, О.Е. Инвазия Uncinaria stenocephala медновского песца как один из возможных лимитирующих факторов депрессии популяции / О.Е. Давыдова, А.Н. Шиенок, Е.Г. Мамаев, Е.С. Изотова // Современные проблемы общей и прикладной паразитологии: Сборник научных статей по материалам XIV научно-практической конференции памяти профессора В.А. Ромашова, Воронеж, 08–09 октября 2020 года. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – С. 6–11.
4. Давыдова, О.Е. Влияние островной изоляции на зараженность командорских песцов нематодами и формирование гельминтофаунистических комплексов / О.Е. Давыдова, А.Н. Шиенок, А. А. Ефремова // Современные проблемы общей и частной паразитологии: материалы IV Международного паразитологического симпозиума, Санкт-Петербург, 07–09 декабря 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – С. 63-66.
5. Pathological physiology of animals. General nosology: manual / O.V. Kryachko, L.A. Lukoyanova, V.N. Gaponova [et al.]. – Saint Petersburg: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2023. – 87 p.
6. Нематодозы и акантоцефалезы животных: Учебное пособие для текущего и промежуточного контроля знаний / Л.М. Белова, Н.А. Гаврилова, А.В. Забровская [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-

Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – 115 с. – EDN KJSVRZ.
7. Rojas, A. Spirocerca vulpis sp. nov. (Spiruridae: Spirocercidae): description of a new nematode species of the red fox, Vulpes vulpes (Carnivora: Canidae) / A. Rojas, G.Sanchis-Monsonis, A. Alic, A. Hodzic, D. Otranto, D.Yasur-Landau, C. Martinez-Carrasco, G. Baneth // Parasitology. – 2018. – 1–12. https://doi.org/10.1017/S0031182018000707
8. Petrow, A.M. Spirocerca arctica – a new nematode parasite of Canis familiaris and Vulpes lagopus in North Russia / A.M. Petrow // Annals of Tropical Medicine and Parasitology. – 1927. – Vol. 21, No. 2. – P. 261–266. – DOI: 10.1080/00034983.1927.11684534.
9. Berteaux, D. Harmonizing circumpolar monitoring of Arctic fox: benefits, opportunities, challenges and recommendations / D. Berteaux, A.M. Thierry, N.E. Eide [et al.] // Polar Research. – 2017. – Vol. 36. – P. 2. – DOI: 10.1080/17518369.2017.1319602.
10. Al-Sabi, M.N. Genetically distinct isolates of Spirocerca sp. from a naturally infected red fox (Vulpes vulpes) from Denmark / Mette Siff Hansen, Mariann Christe, Elizabeth Holm, Gitte Larsen, Heidi Larsen // The Veterinary Parasitology. – 2014. – Sep 15; 205(1-2):389–96. – DOI:10.1016

REFERENCES

1. Goltsman, M.E. Arctic fox Alopex lagopus (Linnaeus, 1758) / M.E. Goltsman, E.P. Kruchenkova // Red Data Book of the Russian Federation. – 2nd edition. – Moscow: FGBU VNII Ecology, 2021. – C. 972–975. (In Russ.).
2. Polyutkina, E.V. Trichinellosis of mammals of different ecological groups on the territory of Bering Island of the Commander-Aleutian Island arc / E.V. Po-lyutkina, O.E. Davydova // Week of Youth Science: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, April 17–19, 2024. – Moscow: Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology-MVA named after K.I. Skryabin, 2024. – C. 223–225. (In Russ.).
3. Davydova, O.E. Invasion of Uncinaria stenocephala of the Mednovsky Arctic fox as one of the possible limiting factors of population depression / O.E. Davydova, A.N. Shienok, E.G. Mamaev, E.S. Izotova // Modern problems of general and applied parasitology: Collection of scientific articles on the materials of the XIV scientific-practical conference in memory of Professor V.A. Romashov, Voronezh, October 08–09, 2020. – Voronezh: FGBOU VO Voronezh GAU, 2020. – C. 6–11. (In Russ.).
4. Davydova, O.E. Influence of island isolation on the infestation of Commander Arctic foxes with nematodes and the formation of helminthofaunistic complexes / O.E. Davydova, A.N. Shienok, A.A. Efremova // Modern problems of general and private parasitology: Proceedings of the IV International Parasitological Symposium, St. Petersburg, December 07 –09, 2022. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. – C. 63–66. (In Russ.).
5. Pathological physiology of animals. General nosology: manual / O.V. Kryachko, L.A. Lukoyanova, V.N. Gaponova [et al.]. – Saint Petersburg: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2023. – 87 p.
6. Nematodoses and acanthocephalosis of animals: Textbook for current and intermediate control of knowledge / L.M. Belova, N.A. Gavrilova, A.V. Zabrovskaya [et al.]. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. – 115 с. (In Russ.).
7. Rojas, A. Spirocerca vulpis sp. nov. (Spiruridae: Spirocercidae): description of a new nematode species of the red fox, Vulpes vulpes (Carnivora: Canidae) / A. Rojas, G. Sanchis-Monsonis, A. Alic, A. Hodzic, D. Otranto, D.Yasur-Landau, C. Martinez-Carrasco, G. Baneth // Parasitology. – 2018. – 1–12. –https://doi.org/10.1017/S0031182018000707.
8. Petrow, A. M. Spirocerca arctica – a new nematode parasite of Canis familiaris and Vulpes lagopus in North Russia / A. M.

Petrow // Annals of Tropical Medicine and Parasitology. – 1927. – Vol. 21, No. 2. – P. 261-266. – DOI: 10.1080/00034983.1927.11684534.
9. Berteaux, D. Harmonizing circumpolar monitoring of Arctic fox: benefits, opportunities, challenges and recommendations / D. Berteaux, A.M. Thierry, N.E. Eide [et al.] // Polar Research. – 2017. – Vol. 36. – P. 2. – DOI: 10.1080/17518369.2017.1319602.
10. Al-Sabi, M.N. Genetically distinct isolates of Spirocerca sp. from a naturally infected red fox (Vulpes vulpes) from Denmark / Mette Siff Hansen, Mariann Christe, Elizabeth Holm, Gitte Larsen, Heidi Larsen // The Veterinary Parasitology. – 2014. – Sep 15; 205(1-2):389-96. – DOI: 10.1016.

УДК: 639.3.09:574.02
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.129

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У ОСЕДЛОЙ ПОПУЛЯЦИИ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА *SALVENIUS ALPINUS* L. (SALMONIFORMES) ПРИ ПАРАЗИТОЦЕНОЗАХ

Гаврилин К.В.[1,3] – д-р. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0004-1856-1047); **Коколова Л.М.**[2*] – д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр., зав. лаб. гельминтологии (ORCID 0000-0002-0963-9623); **Никифоров-Никишин А.Л.**[3] – д-р биол. наук, проф., декан факультета биотехнологий и рыбного хозяйства (ORCID 0000-00015932-2168); **Сафронеев А.Э.**[2] – асп. лаб. гельминтологии; **Григорьева Н.Н.**[4] – канд. биол. наук, доц. (ORCID 0000-0002-5325-7449); **Никифоров-Никишин Д.Л.**[3] – канд. биол. наук доц. (ORCID 0000-0002-1715-057X); **Кочетков Н.И.**[3] – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2196-5421); **Гаврильева Л.Ю.**[2] – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. лаб. гельминтологии (ORCID 0000-0002-0512-2993)

[1] Национальный фонд экологической защиты и развития Крайнего Севера и приравнённых к ним местностей «Якутия»
[2] ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова
[3] Факультет биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)
[4] Факультет ветеринарной медицины, Арктический государственный университет

*kokolova_lm@mail.ru

Ключевые слова: *голец, ихтиопатология, гематология, изолированные популяции, озеро, Якутия.*
Keywords: *char, ichthyopathology, hematology, isolated populations, lake, Yakutia.*
Благодарности: *Коллектив авторов выражает благодарность ООО «Республика-2007» руководителю Гаврилу Семеновичу Винокурову и сотрудникам за неоценимую помощь в проведении полевых исследований.*

Поступила: 25.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ
Данная работа отражает результаты исследования половозрелых особей арктического гольца (*Salvelinus alpinus* L.) из озера Улу, расположенного в Оймяконском районе Республики Саха (Якутия). Исследование проведено в результате контрольного отлова, было выловлено пятьдесят две особи арктического гольца. У каждой рыбы измеряли следующие показатели: стандартная длина (SL), масса тела, возраст рыбы по чешуе и отолитам. Также оценивали состояние зрелости гонад и содержимое кишечника. Учет микроскопических паразитов осуществляли путем микроскопирования серий

компрессионных препаратов биоматериала в проходящем свете, при помощи микроскопа Bressr LSd5-005 (Bresser Ltd, Китай). Количество обнаруженных в каждой особи макроскопических паразитов, каждого вида регистрировали. Измерение размерно-массовых показателей и ихтиопатологическое исследование гольца выявили существенную паразитарную нагрузку, негативно влияющую на темпы роста и состояние популяции данного вида рыб. Менее половины (42,8%) исследованных особей были свободны от паразитов. Паразитоценоз был представлен двумя видами нематод (*Cystidicola farionis*, *Raphidascaris acus*), цестодой (*Proteocephalus thymalli*) и скребнем (*Neoechinorhynchus salmonis*). Наибольшая численность паразитов была выявлена в органах ЖКТ исследованных рыб. Гематологические показатели крови рыб без инвазии и инвазированных особей демонстрировали достоверные ($p < 0.05$) различия встречаемости лимфоцитов (снижение у инвазированных особей), нейтрофилов (увеличение до 16.9±2.0% у инвазированных) и базофилов (увеличение до 1.9% у инвазированных). Полученные результаты диагностики и паразитологического состояния популяции гольца, характеризующейся низкой скоростью роста и малой встречаемостью старших возрастных групп, свидетельствуют о возможности повышения рыбопродуктивности водоема путем подавления паразитофауны.

ВВЕДЕНИЕ/INTRODUCTION

Водные ресурсы Крайнего Севера Российской Федерации, в частности Республики Саха (Якутия), представлены разветвленной речной сетью (включая такие крупные реки, как Лена, Индигирка, Колыма, Яна) и многочисленными озерами, как связанными с бассейнами основных рек, так и гидрологически изолированными на протяжении большей части года [12]. Озерные ихтиоценозы данного региона характеризуются преобладанием запасов рыбы над речными. В составе промысловой ихтиофауны озер доминируют арктический голец (*Salvelinus alpinus*), чир (*Coregonus nasus*), пелядь (*Coregonus peled*), щука (*Esox lucius*) и окунь (*Perca fluviatilis*) [6]. Ограниченная кормовая база и низкие среднегодовые температуры обусловливают низкую рыбопродуктивность озер, не превышающую 3-5 кг/га [5], что сдерживает развитие их полномасштабного промыслового освоения.

Арктический голец (*Salvelinus alpinus* L.) является циркумполярным видом, широко распространённым в водоемах бассейна Северного Ледовитого океана, формируя проходные, речные и озерные формы [11]. Этот гидробионт представляется одним из наиболее изменчивых видом рыб [21], формируя множество форм, отличающихся темпом роста, питанием, морфологией, временем нереста и созревания, и предпочитаемым биотопам [1, 8, 14, 19]. В республике Якутия голец распространен в озерах тундровой зоны и горных озерах юга республики и выступает в качестве объекта традиционного и промышленного рыболовства [6]. Некоторые популяции этого вида находятся под охраной из-за низкой численности и длительного периода воспроизводства. В Европе и Северной Америке голец получил популярность в качестве объекта аквакультуры [16], а его продукция на 2022 год достигла 8 тыс. тонн [17]. В то же время, популяции, населяющие бассейны рек Лена и Индигирка, характеризуются определенным промысловым потенциалом, который в настоящее время остается нереализованным [6].

Целью настоящего исследования явилось изучение эпизоотического статуса промысловой фракции популяции арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) как компонента ихтиофауны данного водоема, посредством сравнительного анализа патологоанатомических, гематологических показателей у особей с различной интенсивностью инвазии (ИИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объект исследования. Популяция арктического гольца (*Salvelinus alpinus*). Исследование проведено в результате контрольного отлова, было выловлено пятьдесят две особи арктического гольца (рис. 1, 2). У каждой рыбы измеряли следую-

щие показатели: стандартная длина (SL), масса тела, возраст рыбы по чешуе и отолитам [9]. Также оценивали состояние зрелости гонад и содержимое кишечника (Руководство…, 1961) [28].

Для ихтиопатологического исследования были использованы 52 особи гольца возрастом 3+. Для дальнейшего разделения особей на две группы (низкая и высокая ИИ) все особи исследовались индивидуально и помечались с помощью бирок. Детектирование паразитов проводили путем визуального осмотра поверхности тела, жаберной, ротовой, брюшной, кишечной, сердечной полостей и внутренних органов гольцов [3]. Учет микроскопических паразитов осуществляли путем микроскопирования серий компрессионных препаратов биоматериала в проходящем свете, при помощи микроскопа Bressr LSd5-005 (Bresser Ltd, Китай). Количество обнаруженных в каждой особи макроскопических паразитов, каждого вида регистрировали. В качестве групповых параметров характеризующих инвазию использовали: экстенсивность инвазии (ЭИ,%) – процент особей в группе у которых был обнаружен один и более паразитов определенного вида; ИИ (экз./особь) – среднеарифметическое число паразитов определенного вида, обнаруженных при исследовании инвазированных особей; индекс обилия паразитов (ИО, экз./особь) – среднее количество паразитов определенного вида приходящееся на каждую особь в выборке [5]. Идентификацию обнаруженных паразитических организмов проводили при помощи определителя паразитов пресноводных рыб СССР (Определитель…, 1987) [29].

Исходя из результатов ихтиопатологического осмотра, для гематологического и гистологического исследований образцы крови ткани были разделены на две равные группы (n = 6): группа с отсутствием инвазии (ОИ) и группа со высокой степенью инвазии (ВИ).

Забор крови осуществлялся у живых рыб, до момента ихтиопатологического осмотра, из задней хвостовой вены. Препараты крови исследуемых рыб изготавливали по стандартной методике [4]. Препарат высушивался в течение 2-3 минут, далее фиксировался в смеси Никифорова (1:1, метиловый спирт: диэтиловый эфир) при экспозиции в течение 20 минут и хранились до дальнейшей обработки. Далее проводили окрашивание азур-эозином по Романовскому-Гимзе. Препараты окрашивали в течение 10 минут. Полученные препараты трижды промывали в контейнерах с дистиллированной водой и высушивали в стерильных условиях в течение 30 минут.

На готовых мазках производился подсчет следующих клеток крови: эритроциты и их незрелые формы (базофильные, полихромные, ортохромные эритробласты), лимфоциты (большие и малые), моноциты, нейтрофилы (сегментоядерные и палочкоядерные), базофилы и тромбоциты. Для каждого препарата крови просматривалось не менее 50 полей зрения. Количество подсчитанных клеток для одного препарата составляло не менее 10 тыс., что обеспечивает необходимые объем выборки. Количество клеток лейкоцитарного ряда выражено в процентах от общего числа лейкоцитов, а количество клеток эритроцитарного ряда – в процентах от общего числа эритроцитов. Подсчет и определение элементов крови производилось согласно общепринятым методикам [4, 18, 22].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Особи арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) были выловлены из озера Улу (местное название «Хороту») (63°34′ с.ш., 141°04′ в.д.), Оймяконского района республики Якутия (Саха) в сентябре 2024 года. В результате исследования было установлено, что минерализация озера составляла 80 мг/л, pH 7,0, содержание растворенного кислорода 9,5-9,9 мг/л при средней температуре 9,4-10℃. Микробная обсемененность воды колебалась от 260-980 КОЕ/мл. Выявленные микробные сообщества были характерны для природного водоема и не представляли угрозы для здоровья рыб. Водоем, согласно методическим указаниям, по санитарно-

бактериологической оценке, рыбохозяйственных водоемов (МУК 13-4-2/1742 от 27.09.1999) может быть отнесен к первой категории «чистые».

В целом, выявленные показатели полностью соответствуют рыбоводным нормативам, а сам водоем может быть отнесен к олиготрофному типу.

Среди выловленных особей наиболее представленной возрастной группой были трехлетки (n = 30), средний размер которых составлял 26,5±2,5 см, и масса 223,1±21,3 г (таб. 1). Возрастная группа 4+ (n= 15) имела чуть большую длину и массу – 35.9±1.9 см и 272.2±8.4 г. Возраст более крупных особей (291,1 г.) был определен как 5+ (n= 7) (табл.1).



Рисунок 1 – Арктический голец размером 26,5см, массой 229 г и возрастом 3+, выловленный в озере Улу.

Таблица 1 – Размерно-весовая характеристика выловленных особей арктического гольца

Возраст	Длина, см			Масса, г			n
	Min	Max	Cv, %	Min	Max	Cv, %	
5+	39.67±0.97	38.4-41.3	2.45	297.1±8.34	284-308.1	2.81	7
4+	35.91±1.94	32.7-38.2	5.4	272.25±8.44	261.2-283.4	3.1	15
3+	26.47±2.55	23.3-32.4	9.63	223.17±21.34	192.4-259.7	9.56	30



Рисунок 2 – Арктический голец – разновозрастных возрастов выловленный для проведения полного ихтиопатологического исследования (фото оригинал, Л.М. Коколова).

При вскрытии арктического гольца и осмотре содержимого желудочно-кишечного тракта была выявлена его низкая заполненность. При этом в среднем отделе кишечника присутствовали остатки кормовых объектов в высокой степени деструкции. Были различимы хитиновые остатки водных ракообразных и наземных насекомых. У нескольких наиболее крупных особей (n = 5) были обнаружены полупереваренные мальки гольца. Исследования пищевого кома характеризует данную популяцию гольца как бентофагов, при этом для отдельных крупных особей свойственно хищничество (каннибализм), с поеданием мелких рыб собственного вида.

Самки составляли большую часть выловленных особей (80,0%). Гонады находились на III-IV стадией зрелости. Значительных различий зрелости гонад между разными возрастными группами выявлено не было. Исходя из приведенных данных о распределении размерно-массовых показателей арктического гольца, а также изучение состава пищевого кома, можно предложить, что исследуемые рыб принадлежат к мелкой оседлой форме, согласно классификации Alekseyev и соавторов (2002) [14].

Для проведения полного ихтиопатологического исследования было отобрано 14 особей возрастом 3+, как наиболее представленной возрастной группы. В результате проведенного внешнего ихтиопатологического осмотра было установлено, что все исследованные особи не имеют никаких заметных признаков патологий, за исключением незначительных механических повреждений, связанных с отловом и транспортировкой. Отмечено нормальное состояние покровов тела, глаз, жабр и т.д.

В результате паразитологических исследований были обнаружены нематоды *Cystidicola farionis* из семейства *Cystidicolidae* отряда *Rhabditida*, поражающие плавательный пузырь лососевых и харусовых рыб. При проведении патолого-анатомического вскрытия у одной рыбы выявлено умеренное воспаление плавательного пузыря.

Мы сочли возможным объяснить воспалениепузыря паразитированием умеренного количества *Cystidicola farionis*, так как у других рыб (3 экз.) с меньшей интенсивностью инвазии, а также у рыб свободных от данного вида паразитов сколько ни будь существенных изменений, рассматриваемого органа мы не отметили (табл. 2).



Рисунок 3 – Паразитирование Cystidicola farionis в плавательном пузыре (фото оригинал, Л.М. Коколова).



Рисунок 4 – В полости кишечника некоторых рыб обнаружен ряд гельминтов, идентифицированных как Raphidascaris acus (зрелая форма), Proteocephalus thymalli, Neoechinorhynchus salmonis. (фото оригинал, Л.М. Коколова).

Таблица 2 – Паразитофауна популяции Арктического гольца из озера «Улу»

Вид паразита	Место локализации	Параметры инвазии			
		ЭИ, %	ИИ, экз./особь	ИО, экз./особь	Кол-во паразитов, экз.
Cystidicola farionis	Плавательный пузырь	28,57	6,75	1,93	27
Raphidascaris acus (циста с личинкой)	Поверхность печени и ЖКТ	21,43	7,00	1,50	21
Raphidascaris acus (половозрелая особь)	Полость кишечника	14,29	6,50	0,93	13
Proteocephalus thymalli	Просвет ЖКТ	35,71	4,60	1,64	23
Neoechinorhynchus salmonis	Просвет ЖКТ	14,29	6,00	0,86	12

Еще у трех экземпляров на печени, внешней поверхности кишечной трубки и пилорических придатках отмечены цисты характерные для *Raphidascaris acus* (личиночная форма). При этом макроскопических признаков воспаления и (или) деструкции прилегающих тканей не отмечено.

Состояние слизистой оболочки кишечника у всех особей нормальное. Ворсинчатый слой хорошо выражен. Кровоизлияния или макроскопические нарушения целостности слизистой оболочки не выявлены. В полости кишечника некоторых рыб обнаружен ряд гельминтов, идентифицированных как *Raphidascaris acus* (половозрелая форма), *Proteocephalus thymalli*, *Neoechinorhynchus salmonis* (рис. 4).

В местах прикрепления массивных протеоцефалюсов было заметно умеренное повышение слизиотделения и покраснение слизистой оболочки кишечника. Помимо этого, никаких макроскопических изменений в состоянии желудочно-кишечного тракта мы не обнаружили. Сколько-нибудь существенных отклонений от нормы при осмотре других внутренних органов выявить также не удалось.

Исходя из результатов ихтиопатологического осмотра для гематологического и гистологического исследований образцы крови ткани были разделены на две равные группы (n = 6): группа с отсутствием инвазии (ОИ) и группа со высокой степенью инвазии (ВИ).

Исследование мазков крови арктического гольца без признаков инвазии показало высокую встречаемость незрелых эритроцитов, доля которых составляла 4,3±0,4% (табл. 2). Наиболее встречаемым видом незрелых эритроцитов являлись ортохромные эритробласты, относительное количество которых находилось на уровне 3,5%. Базофильный эритробласт имел базофильную цитоплазму, круглое, расположенное в центре клетки ядро с зернистым хроматином (рис. 5а). Полихромный эритробласт имел меньший размер по сравнению с базофильным, светло-базофильную цитоплазму и ядро с глыбками хроматина (рис. 5б). Ортохромный эритробласт по размеру был сравним с эритроцитом, цитоплазма имела нейтрофильную окраску, ядро овальное с отдельными скоплениям хроматина (рис. 5в).

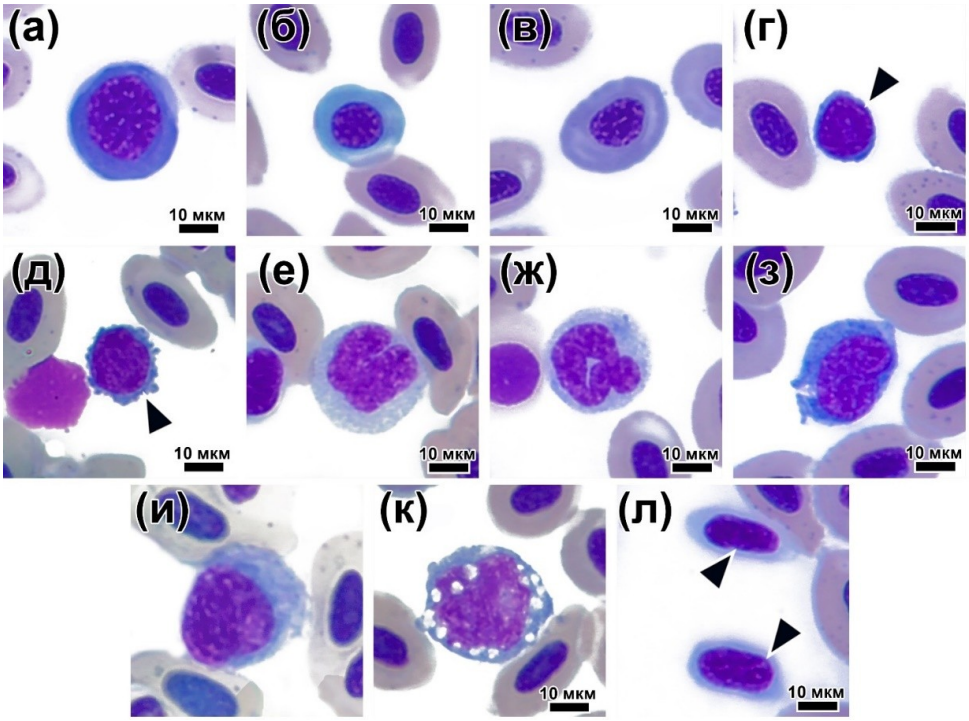


Рисунок 5 – Клетки периферической крови арктического гольца из оз. Улу: (а) базофильный эритробласт; (б) полихромный эритробласт; (в) ортохромный эритробласт; (г) малый лимфоцит; (д) большой лимфоцит; (е) палочкоядерный нейтрофил; (ж) сегментоядерный нейтрофил; (з) базофил; (и) моноцит; (к) макрофаг; (л) тромбоциты. Шкала масштаба 10 мкм.

Кровь арктического гольца имела лимфоцитарный профиль; доля лимфоцитов от общего числа лейкоцитов составляла 74,0%. В мазках крови лимфоциты можно было визуально разделить на две группы – малые и большие (рис. 5г, 5д). Для лимфоцитов было характерно округлое или овальное ядро с плотным хроматином и тонкой базофильной цитоплазмой, края которой могли быть неровными. Встречаемость малых и больших лимфоцитов в мазках крови была следующей: 59,5 и 14,4%, соответственно.

На препаратах среди клеток миелоидного ряда были обнаружены нейтрофильные гранулоциты двух видов: палочкоядерные (рис. 5е) и сегментоядерные (рис. 5ж). Также были найдены базофильные гранулоциты. Суммарная встречаемость нейтрофилов составляла 11,7% от общего числа лейкоцитов. Относительная встречаемость базофилов составляла 1,6%. Нейтрофилы были немного крупнее эритроцитов, цитоплазма имела явную грануляцию, в ядре был различим крупнозернистый хроматин. Базофилы наиболее часто имели бобовидное ядро с плотным или крупнозернистым хроматином.

Моноциты являлись одним из редко встречающихся типов клеток в крови гольца с относительной встречаемостью 2,3%. Моноциты являются наиболее крупными клетками в крови гольца, цитоплазма нейтрофильная без признаков грануляции, ядро неровной формы, занимает большую часть клетки (рис. 5и). Тромбоциты были круглой или овальной формы с плотным ядром и тонкой или отсутствующей цитоплазмой (рис. 5л).

Таблица 3 – Гематологические показатели периферической крови арктического гольца с разной степенью паразитарной инвазии

Тип клеток, %	Группы рыб (n = 6)	
	Отсутствием инвазии	Инвазированные
Зрелые эритроциты	95.68±0.41	96.03±0.53
Незрелые эритроциты	4.32±0.41	3.97±0.53
Базофильные эритробласты	0.08±0.04	0.09±0.01
Полихромные эритробласты	0.75±0.14	0.74±0.12
Ортохромные эритробласты	3.5±0.42	3.14±0.45
Лейкоциты	1.94±0.36	2.01±0.35
Лимфоциты	**73.96±5.54**	64.26±7.08
Малые лимфоциты	**59.52±5.83**	48.34±6.85
Большие лимфоциты	14.44±1.62	15.92±1.21
Моноциты	2.38±0.36	2.12±0.35
Палочкоядерные нейтрофилы	3.96±0.54	**5.95±0.77**
Сегментоядерные нейтрофилы	7.74±1.17	**10.97±1.49**
Сумма нейтрофилов	11.70±1.63	**16.92±2.06**
Базофилы	1.63±0.15	**1.97±0.27**
Тромбоциты	0.62±0.08	0.64±0.1

Примечание: значения, выделенное жирным (p <0.05, p <0.01) из t-критерия Уэлча.

При сравнении мазков крови групп гольца с различной паразитарной нагрузкой было установлено существенное ($p < 0.05$) снижение относительного числа лимфоцитов в крови инвазированных особей (табл. 3). Также достоверные различия наблюдались для показателя количества малых лимфоцитов, при этом количество больших лимфоцитов было на одном уровне у обеих групп рыб. В группе с инвазией установлено значимое увеличение доли нейтрофилов, как палочкоядерных, так и сегментоядерных форм ($p < 0.01$). У этих особей суммарная доля нейтрофилов в крови составила 16,9±2,0%. Кроме того, было выявлено достоверное увеличение количества базофилов ($p < 0.05$), доля которых достигала 1,9%. В группе рыб с высоким поражением также встречались единичные макрофаги (рис. 5к).

Гематологические показатели также являются интегральным маркером, который демонстрирует функциональные и патологические изменения в организме рыб при действии неблагоприятных факторов [7, 25].

Комплексное изучение клинической и патологоанатомической картин, а также гематологических изменений в организме рыб при различной степени паразитарной инвазии дает возможность оценить влияние паразитов на физиологический статус, имеющий непосредственное отношение к рыбоводно-биологическим показателям популяции арктического гольца.

Паразитофауна арктического гольца из озера Улу может быть охарактеризована как замкнутая внутри озера, а рыбы являются носителями половозрелых, продуцирующих инвазионное начало, жизненных стадий. Стратификация исследованных особей на две группы – с максимальной ИИ и интактную – позволила выявить характерные гематологические и гистопатологические изменения в органах. Выявленные показатели относительной встречаемости клеточных элементов крови гольца сходятся с данными других исследователей для этого вида и других лососёвых [2, 10, 23, 26]. Высокая встречаемость незрелых форм эритроцитов в крови гольца также была описана ранее [2, 10] и может быть вызвана различными стресс-факторами. Например, существуют данные о значительном увеличении числа незрелых эритроцитов у гольца после зимовки и перехода к активному питанию [2, 20]. В лейкоцитарной формуле арктического гольца с высокой степенью инвазии было выявлено существенное повышение числа нейтрофилов и базофилов, что может указывать на течение хронического воспалительного процесса. Нейтрофилы выступают в качестве эффективных клеток, выполняющих фагоцитоз и киллинг чужеродных агентов [27], а их повышение при паразитарных болезнях является типичной ответной реакцией на заражение [13]. Наблюдаемое снижение числа лимфоцитов в данной группе рыб также указывает на длительность течения воспаления, при котором происходит тканевое рекрутирование мононуклеарных клеток для борьбы с инфекцией [24].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Популяция арктического гольца в озере Улу находится в угнетенном состоянии: это подтверждается низкой скоростью роста рыб, малой встречаемостью старших возрастных групп и высокой степенью инвазии внутренними паразитами.

Выявлена высокая паразитарная нагрузка на арктического гольца. Менее половины (42,8%) исследованных особей были свободны от паразитов, а у зараженных особей наблюдались микстинвазии несколькими видами гельминтов (*Cystidicola farionis, Raphidascaris acus, Proteocephalus thymalli, Neoechinorhynchus salmonis*).

Паразитарная нагрузка оказывает влияние на гематологические показатели арктического гольца. У особей с высокой степенью инвазии наблюдалось значимое ($p < 0.05$) снижение относительного числа лимфоцитов и увеличение доли нейтрофилов (до 16.9±2.0%) и базофилов (до 1.9%), что свидетельствует о хроническом воспалительном процессе.

Паразитофауна арктического гольца охарактеризована как замкнутая внутри озера, что указывает на относительную уязвимость популяций паразитов к различным воздействиям, например, «фармакологическому» при помощи потенциально доступного широкого арсенала антигельминтиков. Можно ожидать, что промысловое изъятие рыб старших возрастов, являющихся резерватами инвазии, также благоприятно повлияет на общую эпизоотологическую обстановку в данном водоеме.

HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF BLOOD IN A SEDENTARY POPULATION OF ARCTIC CHAR SALVELINUS ALPINUS L. (SALMONIFORMES) WITH PARASITOCENOSES

Gavrilin K.V.[1,3] – Doct. biol. sc., ved. scien. (ORCID 0000-0004-1856-1047); **Kokolova L.M**.[2*] – Doctor of Vet. Sc., Chief Scientific, head of the lab. Helminthology (ORCID 0000-0002-0963-9623); **Nikiforov-Nikishin A.L.**[3] – Doctor. biol. Sc., Prof., Dean of the Faculty of Biotechnology and Fisheries (ORCID 0000-00015932-2168); **Safroneev A.E**.[2] – PhD student lab. Helminthology; **Grigorieva N.N**.[4] – cand. biol. Sc., associate Professor. (ORCID 0000-0002-5325-7449); **Nikiforov-Nikishin D.L**.[3] – cand. biol. sc., senior researcher (ORCID 0000-0002-1715-057X); **Kochetkov N.I.**[3] – senior scientific (ORCID 0000-0002-2196-5421); **Gavrileva L.Yu.**[2] – cand. vet. sc., senior scientific. co-lab. Helminthology (ORCID 0000-0002-0512-2993)

[1] National Fund for Environmental Protection and Development of the Far North and Equivalent Areas "Yakutia",

[2] FIC "Yakut Scientific Center SB RAS", Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov

[3] Faculty of Biotechnology and Fisheries, Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (MCU)

[4] Faculty of Veterinary Medicine, Arctic State University

*kokolova_lm@mail.ru

Acknowledgments. *The authors express their gratitude to the LLC "Respublika-2007", director Gavril Semenovich Vinokurov and employees for invaluable assistance in conducting field research.*

ABSTRACT

This work presents the results of the study of mature individuals of Arctic char (Salvelinus alpinus L.) from Lake Ulu located in the Oymyakon district of the Republic of Sakha (Yakutia). The study was conducted as a result of control catching; fifty-two individuals of Arctic char were caught. The following parameters were measured for each fish: standard length (SL), body weight, fish age by scales and otoliths. The maturity state of the gonads and intestinal contents were also assessed. Microscopic parasites were counted by microscopic examination of a series of compression preparations of biomaterial in transmitted light using a Bressr LSd5-005 microscope (Bresser Ltd, China). The number of macroscopic parasites of each species found in each individual was recorded. Measurement of size and weight parameters and ichthyopathological examination of the char revealed a significant parasitic load that negatively affects the growth rate and the state of the population of this fish species. Less than half (42.8%) of the examined fish were free of parasites. The parasitocenosis was represented by two nematode species (Cystidicola farionis, Raphidascaris acus), a cestode (Proteocephalus thymalli) and an acanthocephalan (Neoechinorhynchus salmonis). The highest number of parasites was found in the gastrointestinal tract of the examined fish. Hematological parameters of the blood of fish without invasion and invaded individuals demonstrated reliable ($p < 0.05$) differences in the occurrence of lymphocytes (decrease in invaded individuals), neutrophils (increase to 16.9±2.0% in invaded) and basophils (increase to 1.9% in invaded). The obtained results of diagnostics and parasitological state of the char population, characterized by low growth rate and low occurrence of older age groups, indicate the possibility of increasing fish productivity of the

reservoir by suppressing parasite fauna.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев С. С. и др. Три симпатрические формы арктического гольца Salvelinus alpinus complex (Salmoniformes, Salmonidae) из озера Камканда, северное Забайкалье //Вопросы ихтиологии. – 2014. – Т. 54. – №. 4. – С. 387-387.
2. Анохина В. С., Квасоварова А. Н., Щербак К. С. Характеристика крови и гистология половых желез заводского и дикого гольца озерного //Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 4. – С. 691-700.
3. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 123 с.
4. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб: сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб. – Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 283 с.
5. Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии. М.: Наука, 1972, 360 с.
6. Кириллов А.Ф. Промысловые рыбы Якутии. – М.: Научный мир, 2002.
7. Королева И. М. Гематологические показатели сига обыкновенного Coregonus lavaretus в водоёмах Кольского севера // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 162. – С. 36-45.
8. Маркевич Г. Н., Есин Е. В. Эволюция гольцов рода Salvelinus (Salmonidae). 2.Симпатрическая внутриозёрная диверсификация (экологические черты и эволюционные механизмы с примерами из разных групп рыб) //Вопросы ихтиологии. – 2018. – Т. 58. – №. 3. – С. 292-312.
9. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (Преимущественно пресноводных) – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
10. Пронина Г. И. и др. Влияние Ронколейкина на морфометрические и гематологические показатели и фагоцитарную активность нейтрофилов арктического гольца //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 110-120.
11. Решетников Ю. С. и др. Список рыбообразных и рыб пресных вод России // Вопросы ихтиологии. – 1997. – Т. 37. – №. 6. – С. 723-771.
12. Трофимова Т. П. и др. Современное состояние озер бассейна реки Яны // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. МК Аммосова. Серия: Науки о Земле. – 2018. – №. 2. – С. 32 -40.
13. Шеина, Т. А., Костицына, Н. В., Бакланов, М. А. Гематологические показатели и паразитофауна ротана Perccottus Glenii моновидового ихтиоценоза малого городского водоема // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2020. – № 3. – С. 227–235.
14. Alekseyev S. S. et al. 2002. Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, Salvelinus alpinus complex, in Transbaikalia // Ecology, behaviour and conservation of the charrs, genus Salvelinus. P. 97-114.
15. Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M., & Shostak A.W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited // J. Parasitol. V. 83. № 4. P. 575–583. https://doi.org/10.2307/3284227.
16. Bystriansky J. S., LeBlanc P. J., & Ballantyne J. S. 2006. Anaesthetization of Arctic charr Salvelinus alpinus (L.) with tricaine methanesulphonate or 2-phenoxyethanol for immediate blood sampling // Journal of fish biology. V. 69. № 2. P. 613-621. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01118.x
17. FAO. Global Production [Электронный ресурс] // Fisheries and Aquaculture / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2022. – URL: https://www.fao.org/fishery/en/collection/global_production?lang=en
18. Fijan N. Morphogenesis of blood cell lineages in channel catfish. Journal of fish biology. 2002;60(4):999-1014. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb02424.x
19. Jonsson B., Jonsson N. Polymorphism and speciation in Arctic charr //Journal of Fish Biology. – 2001. – Т. 58. – №. 3. – С. 605-638.
20. Hofer R. et al. Seasonal changes in blood cells of Arctic char (Salvelinus alpinus L.)

from a high mountain lake //Aquatic sciences. – 2000. – T. 62. – C. 308-319.
21. Klemetsen A. The charr problem revisited: exceptional phenotypic plasticity promotes ecological speciation in postglacial lakes //Freshwater Reviews. – 2010. – T. 3. – №. 1. – C. 49-74.
22. Kondera E. Haematopoiesis in the head kidney of common carp (Cyprinus carpio L.): a morphological study //Fish physiology and biochemistry. 2011. T. 37. C. 355-362.
23. Lahnsteiner F. Differences in immune components of blood, spleen and head kidney between diploid and auto-and allotriploid Salmonidae //Tissue and Cell. – 2020. – T. 67. – C. 101445.
24. Mokhtar, D. M., Zaccone, G., Alesci, A., Kuciel, M., Hussein, M. T., & Sayed, R. K. (2023). Main components of fish immunity: An overview of the fish immune system. Fishes, 8(2), 93.
25. Pavlidis M. et al. Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species // Journal of Applied Ichthyology. – 2007. – T. 23. – №. 1. – C. 70-73.
26. Suljević D., Mitrašinović-Brulić M. The first record of brook trout (Salvelinus fontinalis, Salmonidae) blood cell characteristics and hematological profile: the influence of fish sex on leukocyte count //Aquaculture International. – 2020. – T. 28. – №. 6. – C. 2505-2516.
27. Wang T., Secombes C.J. The cytokine networks of adaptive immunity in fish // Fish Shellfish Immunol. — 2013. — Vol. 35, Iss. 6. — P. 1703–1718. DOI: 10.1016/ j.fsi.2013.08.030.
28. Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях / Акад. наук СССР, Отд-ние биол. наук; [отв. ред. акад. Е. Н. Павловский]. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. - 262 с.
29. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3: Многоклеточные. Ч. 2 / под ред. О. Н. Бауера; Акад. наук СССР, Зоол. ин-т. - М.: Наука, 1987. - 583 с.

REFERENES

1. S. Alekseev. S. not others. Thematic salvelinus alpinus three forms of the Arctic Oglio Complex (Salmoniformes, Salmonidae) are reduced by Lake cocoon, Northern Transbaikalia //Metrology issue. – 2014. – Vol. 54. – No. 4. – pp. 387-387.
2. Anokhina. S., A. Engineering. N., K. Shcherbak. S. Factory characteristics of the lake glands histology is not related to the blood of children's reproductive years // Bulletin of the State Technical University of Murmansk, 2012, vol. 15, no. 4, pp. 691-700.
3. Bykhovsky-Pavlovsky Ne.Family. The Fish parasite: a cauldron for study. Tsok – tsok.: Nauka, 1985. – p. 123.
4. Ivanova N. T. Atlas of fish blood: classification of morphology of shaped relatively non-elemental fish blood. – A sharp turn in the food industry, 1983. – p. 283.
5. Kirillov F. N.Fishes of Yakutia. Moscow: Nauka Publ., 1972, 360 P.
6. Kirillov A. F. Commercial fish of Yakutia, Moscow: nauchny mir Publ., 2002.7. 7. Koroleva. M. How common is Coregonus lavaretus in the same way as V. thematic whitefish indicators of the North //VNIRO eto tr. – 2016. – Vol. 162. – Pp. 36-45.
8. Markevich, G. N., Yesin, N. V. Evolution of the Char salvelinus test (Salmonidae). 2.Thematic internal diversification (using the example of ecologically diverse fish as an example, the features of an evolutionary mechanism do not decrease.) //Metrology issue. – 2018. – Vol. 58. – №. 3. – pp. 292-312.
9. Pravdin, Ne. F. Studying the leadership of fish boilers (Mainly freshwater) – Moscow: Food Industry, 1966. – p. 376.
10. Gorely G. Year. not others. Neutrons do not affect the activity of thematic morphological Arctic roncolake phagocytic parameters of the year //Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. – 2023. – Vol. 1. – №. 1. – pp. 110-120.
11. Reshetnikova N. S. not others. The root of this list is not the fish sand of the Defense of Russia //Metrology issue. – 1997. – T. Bank loan provided to master 37. – №. 6. – pp. 723-771.
12. Trofimov T. Very. not others. Sharpening the state of the modern lakes of the river basin //Bulletin of the Northeastern University of 2006. MK Ammosova. Series: the

earth is not science. - 2018. – No. 2. – pp. 32 -40.
13. Shein, T. A., Kostitsa, N. V., Baklanov, M. A. The thematic evening of perccottus glenii parasites is absolutely not an indicator of ichthyocenosis of the monospecies insect. Vestnik Permskogo universiteta. Biology series. – 2020. – №. 3. – pp. 227-235.
14. Alekseyev S. S. et al. 2002. Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, Salvelinus alpinus complex, in Transbaikalia // Ecology, behaviour and conservation of the charrs, genus Salvelinus. P. 97-114.
15. Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M., & Shostak A.W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited // J. Parasitol. V. 83. № 4. P. 575–583. https://doi.org/10.2307/3284227.
16. Bystriansky J. S., LeBlanc P. J., & Ballantyne J. S. 2006. Anaesthetization of Arctic charr Salvelinus alpinus (L.) with tricaine methanesulphonate or 2-phenoxyethanol for immediate blood sampling // Journal of fish biology. V. 69. № 2. P. 613-621. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01118.x
17. FAO. Global Production [Электронный ресурс] // Fisheries and Aquaculture / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2022. – URL: https://www.fao.org/fishery/en/collection/global_production?lang=en
18. Fijan N. Morphogenesis of blood cell lineages in channel catfish. Journal of fish biology. 2002;60(4):999-1014. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb02424.x
19. Jonsson B., Jonsson N. Polymorphism and speciation in Arctic charr //Journal of Fish Biology. – 2001. – T. 58. – №. 3. – C. 605-638.
20. Hofer R. et al. Seasonal changes in blood cells of Arctic char (Salvelinus alpinus L.) from a high mountain lake //Aquatic sciences. – 2000. – T. 62. – C. 308-319.
21. Klemetsen A. The charr problem revisited: exceptional phenotypic plasticity promotes ecological speciation in postglacial lakes //Freshwater Reviews. – 2010. – T. 3. – №. 1. – C. 49-74.
22. Kondera E. Haematopoiesis in the head kidney of common carp (Cyprinus carpio L.): a morphological study //Fish physiology and biochemistry. 2011. T. 37. C. 355-362.
23. Lahnsteiner F. Differences in immune components of blood, spleen and head kidney between diploid and auto-and allotripploid Salmonidae //Tissue and Cell. – 2020. – T. 67. – C. 101445.
24. Mokhtar, D. M., Zaccone, G., Alesci, A., Kuciel, M., Hussein, M. T., & Sayed, R. K. (2023). Main components of fish immunity: An overview of the fish immune system. Fishes, 8(2), 93.
25. Pavlidis M. et al. Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species // Journal of Applied Ichthyology. – 2007. – T. 23. – №. 1. – C. 70-73.
26. Suljević D., Mitrašinović-Brulić M. The first record of brook trout (Salvelinus fontinalis, Salmonidae) blood cell characteristics and hematological profile: the influence of fish sex on leukocyte count //Aquaculture International. – 2020. – T. 28. – №. 6. – C. 2505-2516.
27. Wang T., Secombes C.J. The cytokine networks of adaptive immunity in fish // Fish Shellfish Immunol. — 2013. — Vol. 35, Iss. 6. — P. 1703–1718. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.08.030.
28. Under the guidance of V. the study of fish conditions and boiler power supply / it looks like. the science of the USSR, this is not a bio. science; [ed. land rent.. It's similar. Family of N. N. Pavlovsky]. - Moscow: this is decreasing-it looks like the root. naukom USSR, 1961. – p. 262.
29. Determinant of freshwater fauna of the USSR of fish parasites. Vol. 3: Multicellular. p. 2 / boilers and land rent. Fright. N. Browser; It Looks Like. naukom of the USSR, Zoo. INN. – M.: Nauka, 1987. – p. 583.

ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ, ФАРМАЦИЯ

УДК: 619:[615:616:616.34]:636.4
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.142

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ПРОСТИМУЛ» НА ФОРМИРОВАНИЕ КИШЕЧНОГО МИКРОБИОМА И МИТОТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ КЛЕТОК ТОНКОГО ОТДЕЛА КИШЕЧНИКА ПОРОСЯТ С ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ГИПОТРОФИЕЙ

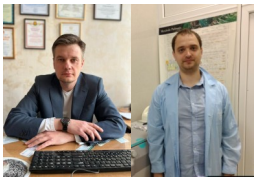
Шутиков В.А.[1] – мл. науч. сотр. (ORCID 0009-0004-2018-2662); **Михайлов Е.В.**[1] * – канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5457-1325); **Шабунин Б.В.**[1] – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2234-3851); **Буракова И.Ю.** [2] – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-5881-0845); **Морозова П.Д.**[2] – мл. науч. сотр., (ORCID 0009-0000-0075-9170); **Сыромятников М.Ю.** [1,2*] – канд. биол. наук, доц., вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9028-0613)

[1]*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии» (ФГБНУ «ВНИВИПФиТ»),*
[2] *ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»*

* *voronezh81@rambler.ru*

Ключевые слова: *поросята, гипотрофия, микробиом, рекомбинантные интерфероны, иммуногистохимия, кишечник.*
Keywords: *piglets, hypotrophy, microbiome, recombinant interferons, immunohistochemistry, intestines.*

Поступила:10.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Существенной проблемой современного промышленного свиноводства является рождение значительного числа поросят с низкой живой массой. Большой проблемой является дальнейшая сохранность и жизнеспособность физиологически незрелых поросят. В статье описаны результаты исследований, целью которых являлась оценка влияния стимулирующего препарата на основе рекомбинантных цитокинов первого и второго типов (интерферон альфа и интерферон гамма), а также витаминов А, Е, С – препарата «Простимул» – на формирование кишечного микробиома, а также митотическую активность клеток в тонком отделе кишечника у поросят с перинатальной гипотрофией. В опыте использовались новорожденные поросята, которые были распределены на 3 группы: группа 1 — поросята - нормотрофики (n=10);

группа 2 — поросята — гипотрофики (n=10), которым *per os* дополнительно к основному рациону молозива выпаивали коровье молозиво в дозировке 2,5 мл на голову в течение 3 дней (схема, применяемая в хозяйстве); группа 3 — поросята - гипотрофики (n=10), которым применяли парентерально «Простимул» двукратно, в первый и третий дни жизни в дозе 0,1 мл/кг массы тела. На 7 день жизни поросят были отобраны образцы фекалий и образцы тонкого отдела кишечника для проведения исследований. По результатам проведенных исследований установлено, что применение препарата «Простимул» поросятам с перинатальной гипотрофией способствует нормализации кишечной микрофлоры за счет действия интерферонов первого и второго типов на патогенные микроорганизмы, что можно использовать как средство профилактики колибактериозов, а также позволяет стимулировать морфогенез в тонком отделе кишечника и, следовательно, активизировать процессы всасывания питательных веществ, что стимулирует более активный рост поросят-гипотрофиков.

ВВЕДЕНИЕ/ INTRODUCTION

Существенной проблемой современного промышленного свиноводства является рождение значительного числа поросят с низкой живой массой. Большой проблемой является дальнейшая сохранность и жизнеспособность физиологически незрелых поросят. Морфологическими и иммунологическими исследованиями доказано, что пищеварительный тракт играет важную роль в местной и общей защите организма. Известно, что кишечник выполняет очень важную роль в регуляции и поддержании гомеостаза в пищеварительной системе, выполняет эндокринные функции, является органом, продуцирующим гормоны, обладающие не только внутрисистемными (секретин, холецистокинин, эстрагон), но и общими (вазоактивный интестинальный пептид) регуляторными эффектами. В этой связи актуальным является изучение особенностей морфологической организации кишечника поросят-гипотрофиков и ее реакции на введение ростостимулирующих препаратов [5]. Немалую роль стоит уделять и кишечной микрофлоре. Важнейшей проблемой свиноводческих хозяйств является нарушения состава кишечной микробиоты новорожденных поросят. Заболевания, обусловленные этими процессами, могут быть причиной значительных потерь в поголовье поросят и составлять около 30% от числа смертей в свиноводческих хозяйствах [12]. При этом известно, что одной из самых распространенных заболеваний поросят является патология желудочно-кишечного тракта, вызванная бактерией *Escherichia coli* [9,14]. *E. coli,* которые продуцируют различные факторы вирулентности такие как, например, энтеротоксины и адгезины, являются патогенными для животных штаммами. Продуцирование токсинов штаммами *E. coli* может приводить к различным патологическим состояниям у сельскохозяйственных животных [11]. Препараты на основе видоспецифических цитокинов могут быть одним из вариантов терапии морфофункциональных нарушений в тонком отделе кишечника. При этом отсутствуют данные по влиянию цитокинов на микробиом кишечника поросят до и после терапии, а также на морфологическую характеристику кишечника. Поэтому целью данной работы явилась оценка влияния стимулирующего препарата на основе рекомбинантных цитокинов первого типа (интерферон альфа и интерферон гамма), а также витаминов А, Е, С – препарата «Простимул» – на формирование кишечного микробиома, а также митотическую активность клеток в тонком отделе кишечника у поросят с перинатальной гипотрофией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Опыт проводился на поросятах раннего неонатального периода в крупном промышленном свиноводческом хозяйстве Воронежской области. Поросята были получены от свиноматок, находящихся в одинаковых условиях содержания при оптимальных параметрах микроклимата,

кормления и поения. Свиноматкам были проведены все профилактические обработки согласно схеме хозяйства. Поросята после рождения проходили общий клинический осмотр по общепринятой методике и взвешивание для дальнейшего их распределения на исследуемые группы. В исследовании участвовали здоровые поросята и поросята — гипотрофики, которые характеризовались в первую очередь дефицитом массы тела (в среднем на 27,96% ниже, чем у здорового животного), слабо выраженной подкожной клетчаткой, сухостью кожного покрова, анемией видимых слизистых оболочек, шаткой походкой.

Исследуемые группы формировались по следующему принципу: новорожденные поросята были распределены на 3 группы: группа 1 — поросята - нормотрофики (n=10); группа 2 — поросята — гипотрофики (n=10), которым *per os* дополнительно к основному рациону молозива выпаивали коровье молозиво в дозировке 2,5 мл на голову в течение 3 –х дней (схема, применяемая в хозяйстве); группа 3 — поросята - гипотрофики (n=10), которым применяли парентерально рекомбинантный цитокин первого и второго типов типа «Простимул» двукратно, в первый и третий дни жизни в дозе 0,1 мл/кг массы тела. На 7 день жизни поросят, был проведен вынужденный убой (n=5) из каждой группы для взятия образцов биологического материала: образцы фекалий (для молекулярно-генетических исследований) и образцы подвздошной кишки (для иммуногистохимических исследований).

В подвздошной кишке проведены иммуногистохимические исследования. Ткань кишки фиксировали в 10 % нейтральном забуференном формалине HISTOSAFE 10% в течение 24 ч, выполняли стандартную проводку. Подготовленные образцы тканей заливали в парафиновую среду Гистомикс, готовили срезы толщиной 4 мкм, которые наносили на высокоадгезивные стекла и высушивали при температуре 37 °С в течение 18 ч. Демаскировку и иммуногистохимическую окраску проводили ручным способом с использованием системы визуализации NovoLink polymer (Novo Castra, Великобритания). Контролем реакции служила неиммунизированная сыворотка. Исследовались маркеры Ki-67, является маркером клеточного деления, и его экспрессия характеризует уровень митотической активности в клетках [7]. Для подсчета клеток использовалась программа «ToupView» и морфометрический стандарт. Подсчет клеток проводили в 30 полях зрения, с увеличением микроскопа 400х.

Выделение ДНК проводили с помощью набора HiPure DNA Micro Kit (Magen, Гуанчжоу, Китай). Секвенирование проводилось на платформе MGI DNBSEQ-G50 с моделью проточной ячейки для секвенирования DNBSEQ-G50RS: FCL (MGI, Шэньчжэнь, Китай). Подготовка библиотек секвенирования осуществлялась коммерчески доступных набором производителя MGIEasy Fast FS Library Prep Module (MGI, Шэньчжэнь, Китай). Очистка библиотек на магнитных частицах в соответствии с инструкцией производителя проводилась с помощью MGIEasy DNA Clean Beads (MGI, Шэньчжэнь, Китай). Набором MGIEasy UDB (MGI, Шэньчжэнь, Китай) осуществляли лигирование адаптеров. Измерение концентраций получившихся библиотек секвенирования проводилась с помощью коммерчески доступного набора Qubit dsDNA HS Assay Kit (Invitrogen, Уолтем, Массачусетс, США) на приборе Qubit (США). Циркуляризация осуществлялась с помощью MGIEasy Dual Barcode Circularization Module (MGI, Шэньчжэнь, Китай). Таксономическое профилирование образцов было выполнено с использованием с встроенным программным обеспечением [13].

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием программ Statistica v6.1 и MS Office «Excel 2013» с пакетом для анализа данных, оценка достоверности проводилась по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

На основе высокопроизводительного секвенирования было установлено видовое разнообразие состава кишечника поросят исследуемых групп на 7 день жизни животных (рис. 1-3). Виды, численность которых превышала 1% для исследуемой выборки были выделены как преобладающие, остальные были объединены в «Другие». Во всех группах преобладали следующие типы бактерий: *Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidota*.

Бактерии группы 1 поросята нормотрофики в основном были представлены следующими видами: *Lactobacillus amylovorus, Lactobacillus delbrueckii, Escherichia coli* (рисунок 1). При этом на долю *E. coli* приходится 50,00%, *Lactobacillus amylovorus* составляли 36,36% от общего числа бактерий.

В группе 2 «Поросята-гипотрофики, получавших дополнительно молозиво» наблюдалось значительное обилие бактерий *E. coli, Mitsuokella multacida, Escherichia fergusonii, Limosilactobacillus vaginalis, Lactobacillus crispatus* (рисунок 2). На долю *Lactobacillus crispatus* приходилось 28,60% от общего числа микроорганизмов. При этом известно, что данная бактерия способна предотвращать индуцированные возбудителями кишечных инфекций заболевания [2].

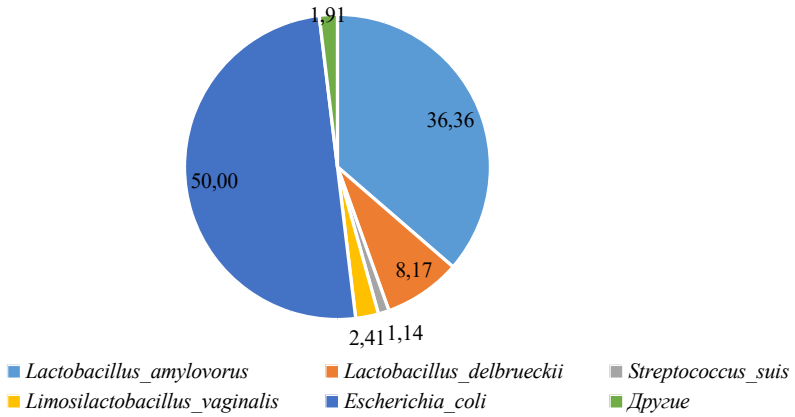


Рисунок 1 – Видовое разнообразие кишечного микробиома группы 1 «поросята нормотрофики», %.

В бактериальном составе группы 3 «Поросята-гипотрофики, получающие «Простимул» наблюдалось преобладание бактерий видов: *L. amylovorus, L. delbrueckii, Sharpea porci, Clostridium perfringens, E. coli, Moraxella pluranimalium, Streptococcus lutetiensis* (рисунок 3). Стоит отметить, что преобладающими видами являлись *C. perfringens* — 27,86% и *L. amylovorus* — 15,37%, разные штаммы которой, в свою очередь, активно используются в приготовлении пробиотиков за счет своих способностей оказывать стимулирующее действие на процессы пищеварения, так же оказывать положительное влияние на использование и ретенцию азота корма, количество и степень усвоения кальция и фосфора корма [4]. Стоит отметить, что снижение количества *E. coli* может происходить и по причине наличия в составе «Простимула» интерферона альфа, который, в свою очередь, ингибирует биоэнергетические процессы у бактерий за счёт истощения триптофана, а опосредованно — участвует в образовании в макрофагах оксида азота и реактивных видов кислорода [10]. Данную способность «Простимула» можно использовать с целью профилактики колибактериозов у новорожденных поросят без применения антибактериальных пре-

паратов, что является почвой для проведения новых исследований.

Сравнение содержания *E. coli* в исследуемых группах животных наглядно отражено на рисунке 4. Группа 1 «Здоровые поросята» характеризовалась наибольшим процентным содержанием *E. coli* относительно других групп. *E. coli* является условно-патогенным представителем кишечного микробиома, способного как самостоятельно, так и в ассоциации с другими бактериями приводить к желудочно-кишечным заболеваниям с симтомокомплексом диареи [3]. Наименьшее процентное содержание *E. coli* отмечено в группе 3 «Поросята-гипотрофики, получающие «Простимул». Стоит отметить, что данная группа характеризовалась вдобавок еще и большим видовым разнообразием кишечного микробиома, что положительно сказывается на процессах кишечного пищеварения. Доказано, что высокий уровень факультативных бактерий и их общее видовое разнообразие является достоверным показателем здорового функционирования кишечника [6,8].

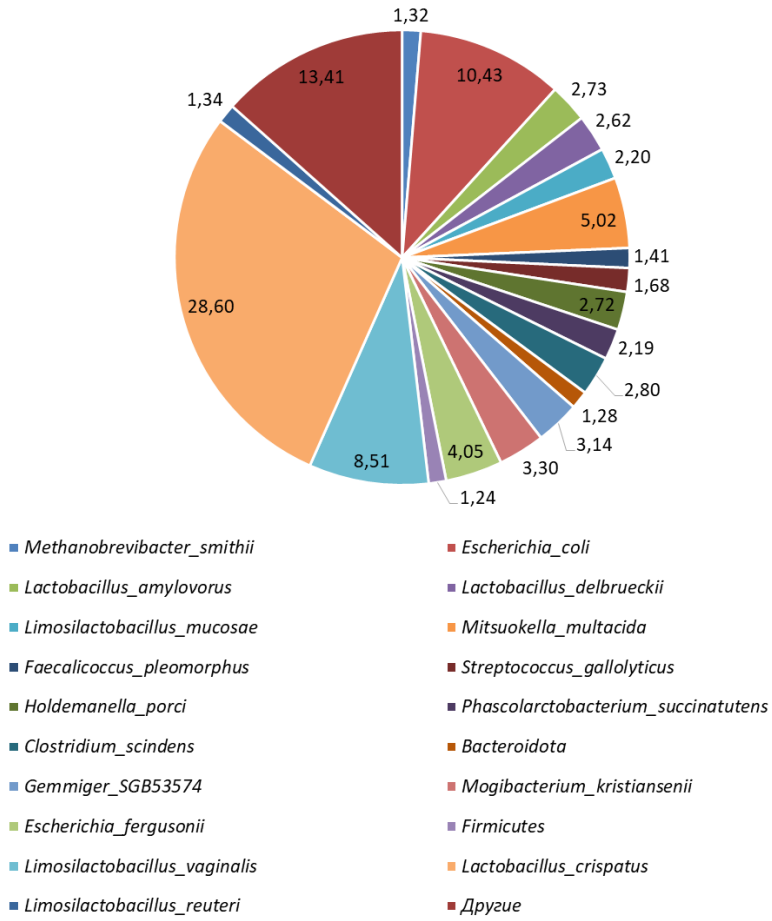


Рисунок 2 – Видовое разнообразие кишечного микробиома группы 2 «Поросята-гипотрофики, получавших дополнительно коровье молозиво», %.

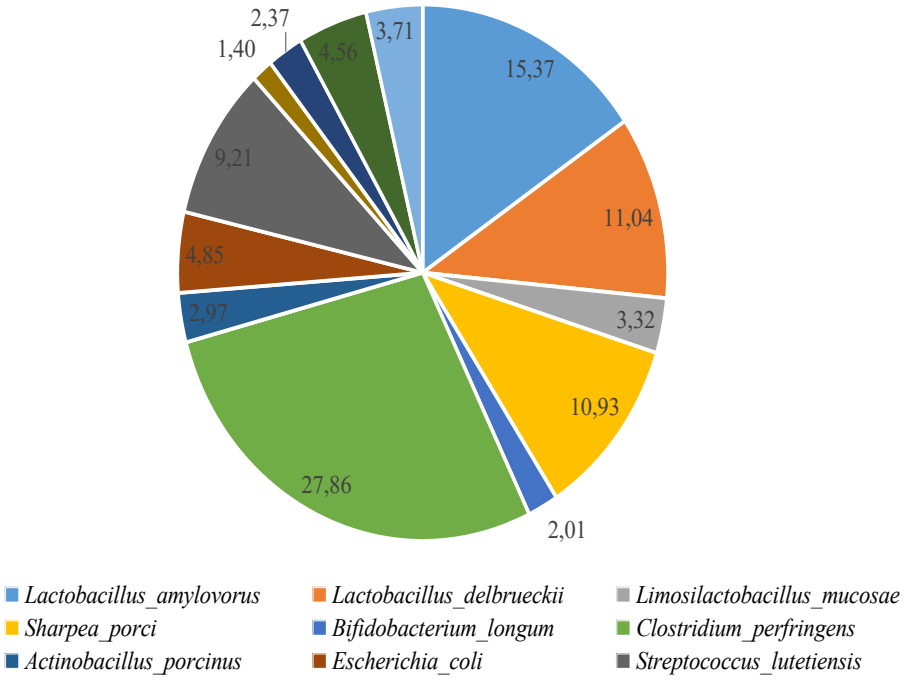


Рисунок 3 – Видовое разнообразие кишечного микробиома группы 3 «Поросята-гипотрофики, получавших Простимул», %.

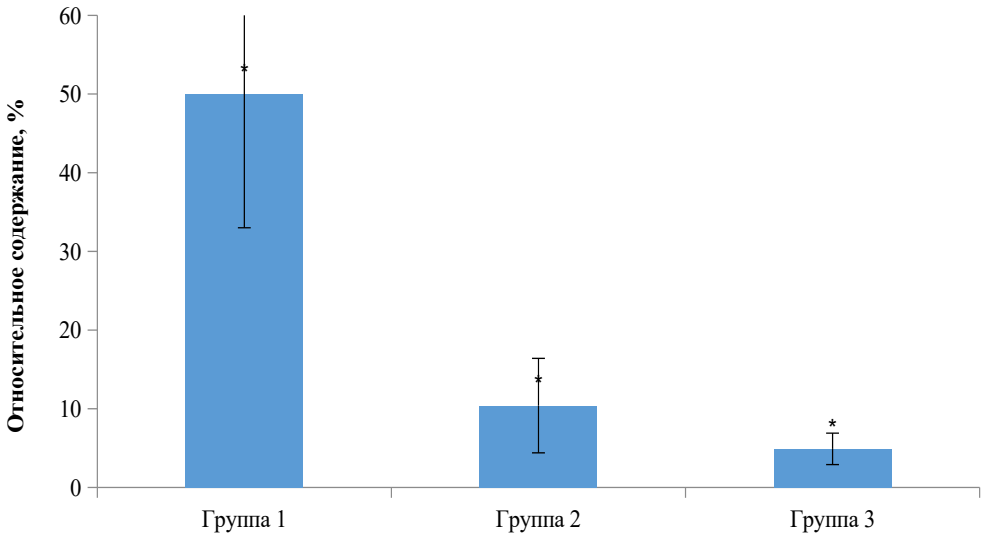


*Рисунок 4 – Содержание Escherichia coli в экспериментальных группах. Примечание: * различия с группой 1 статистически достоверны при p<0,05.*

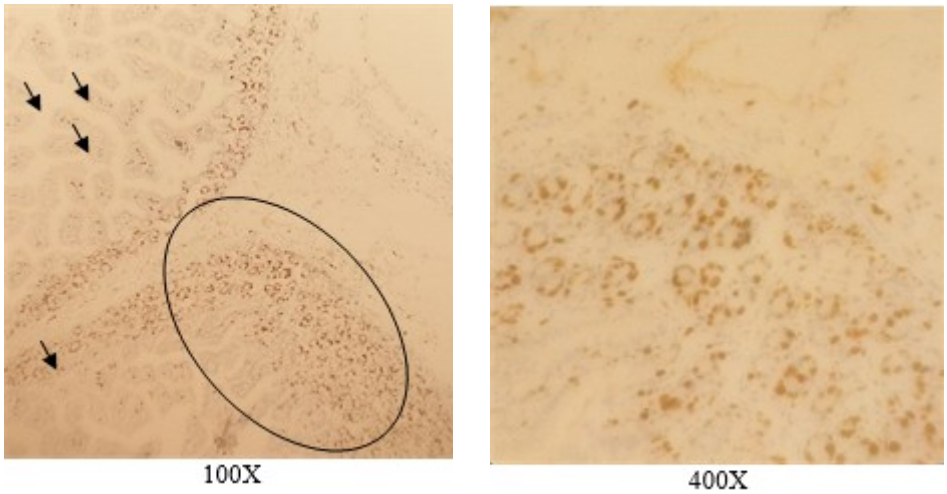


Рисунок 5 – Экспрессия маркера клеточного деления в подвздошной кишке поросят группы 1 «поросята нормотрофики. Овалом выделена область крипт и подслизистой основы с большим количеством положительных клеток. Стрелки указывают на строму ворсин с единичными окрашенными клетками.

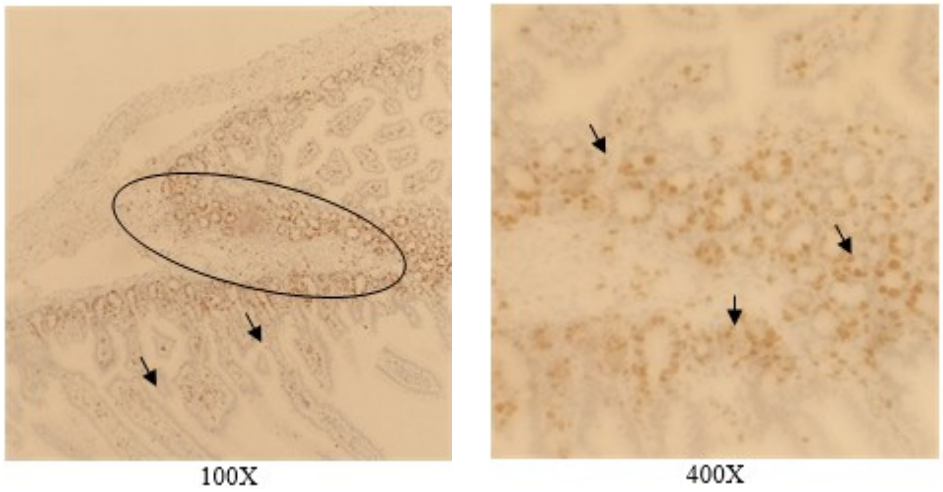


Рисунок 6 – Экспрессия маркера клеточного деления в подвздошной кишке у поросят группы 2 «Поросята-гипотрофики, получающие молозиво». Овалом выделена область крипт и подслизистой основы с большим количеством положительных клеток. Стрелки указывают на положительно окрашенные клетки (темно-оранжевый окрас). На ув. 400х хорошо видна зона крипт с высокой экспрессией маркера ki-67.

При микроскопической оценке интенсивности ядерной экспрессии маркера ki-67 (маркер клеточного деления) в подвздошной кишке у здоровых поросят (рисунок 5) было показано, что большинство положительно окрашенных клеток находилось в кишечных криптах, так же присутствовали единичные позитивные клетки в строме ворсин.

В подвздошной кишке поросят с перинатальной гипотрофией, которым применяли препарат «Простимул» (рисунок 7) при визуальной оценке отмечалась аналогичная картина относительно группы здоровых поросят. В группе поросят с перинатальной гипотрофией, которым применяли дополнительно коровье молозиво (рисунок 6) отмечалось аналогичное расположение позитивных клеток, однако визуально отмечалось снижение ki-67 позитивных клеток относительно других исследуемых групп.

При фоновом исследовании установлено, что у поросят-гипотрофиков количество Ki-67 позитивных клеток было на 8,6% ($p<0,05$) меньше чем у здоровых животных (таблица 1). На фоне применения препарата Простимул поросятам с перинатальной гипотрофией (группа 3) отмечалось увеличение количества экспрессирующих клеток относительно группы 1 на 4,1% ($p<0,05$), при этом разница с группой поросят, которым применяли молозиво (группа 2) составляла 12,7% ($p<0,05$) в пользу здоровых поросят. При сравнении здоровых поросят до начала опыта и поросят из группы 1, отмечалось увеличение количества позитивных клеток на 9,5%, в то же время у поросят-гипотрофиков из группы 3 количество позитивных клеток было на 9,2% ($p<0,05$) выше, чем у гипотрофиков до начала опыта. Полученные данные показывают, что на 7-е сутки у поросят происходит ускорение развития тонкого кишечника и повышается ядерная экспрессия Ki -67. Также можно сделать заключение, что применение поросятам-гипотрофкам препарата «Простимул» оказывает стимулирующее действие на развитие тонкого отдела кишечника.

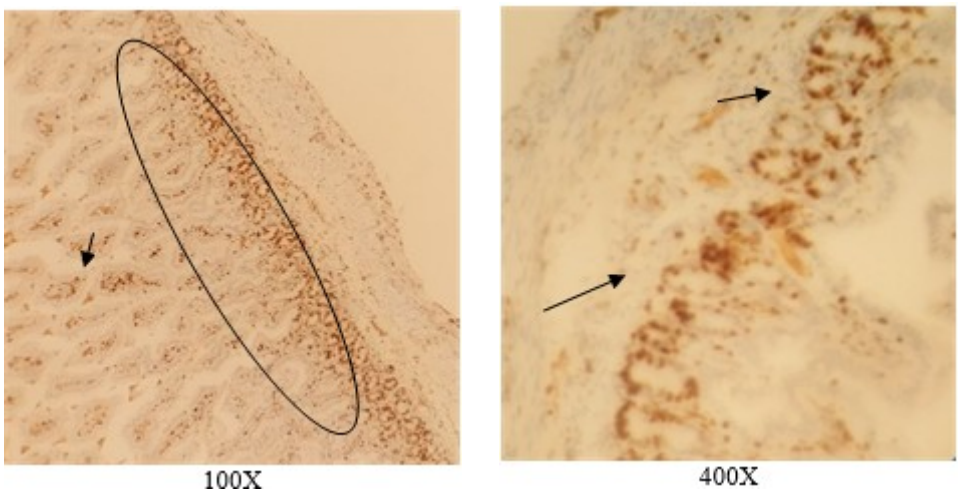


Рисунок 7 – Экспрессия маркера клеточного деления в подвздошной кишке у поросят группы 3 «Поросята-гипотрофики, получающие «Простимул». Овалом выделена область крипт и подслизистой основы с большим количеством положительных клеток. Стрелки указывают на положительно окрашенные клетки (темно-оранжевый окрас). На рисунке видно увеличение количества позитивных клеток как в криптах, так и в строме кишечных ворсин. На ув. 400х хорошо видна зона крипт с высокой экспрессией маркера ki-67.

Таблица 1 – Результаты подсчета экспрессирующих ядер в клетках подвздошной кишки

Группа	Количество ядер с экспрессией ki-67 в п.з. 400х
Поросята-гипотрофики до начала опыта	73,14±1,72
Здоровые поросята до начала опыта	80,00±3,39*
Группа 1 «Здоровые поросята»	87,66±2,63*
Группа 2 «Поросята-гипотрофики, получающие молозиво»	76,44±4,41*
Группа 3 «Поросята-гипотрофики, получающие «Простимул»	84,22±1,51*

*Примечание: M±SE (среднее арифметическое ± стандартная ошибка); статистически значимые различия при * p<0,05 относительно первой группы.*

Повышение количества ядерной экспрессия клеток у поросят на фоне применения препарата Простимул указывает на стимуляцию процессов дифференцировки клеток в систему крипта — ворсинка, что говорит о нарастании активности процессов морфологической адаптации, увеличению площади всасывающей поверхности кишечника, которая имеет прямую корреляционную зависимость с живой массой тела [5]. Процессы обновления эпителиальных клеток ворсин протекает с затратой питательных веществ, которая способна компенсироваться за счет экструзии эпителиальных клеток в просвет кишечника с дальнейшим их перевариванием кишечными ферментами и ферментами кишечных бактерий с высвобождением питательных веществ, что образует единый процесс поддержания кишечного гомеостаза [1,14]. Следовательно, поддержание кишечного гомеостаза напрямую связано с интенсивностью клеточного деления в нем, а также функциональной и качественной характеристикой кишечного микробиома.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В ходе изучения бактериального состава микробиома полученных образцов, было выявлено,у группы 1 поросята нормотрофики наблюдалось обилие бактерий *E. coli*. В образцах группы 2 «Поросята-гипотрофики, получавших дополнительно к основному рациону коровье молозиво и группы 3 «Поросята-гипотрофики, получающие «Простимул» выявлено значительное снижение содержания бактерии *E. coli* – в 4,8 и 10,2 раза соответственно. Полученные данные можно использовать для дальнейших исследований, но уже на данном этапе можно сделать вывод, что «Простимул» можно применять с целью профилактики колибактериозов у новорожденных поросят без применения антибактериальных препаратов, которые способны снижать количество нормальной микрофлоры. Отмечено повышение видового разнообразия кишечной микрофлоры, что положительно сказывается на процессах кишечного пищеварения и активности роста животного. Применение стимулирующего препарата «Простимул» в постнатальный период поросятам с гипотрофией позволяет стимулировать морфогенез в тонком отделе кишечника и, следовательно, активизировать процессы всасывания питательных веществ, что способствует более активному росту поросят-гипотрофиков. Таким образом, применение стимулирующего препарата «Простимул» можно считать эффективным средством для коррекции морфофункциональных нарушений в тонком отделе кишечника у поросят с перинатальной гипотрофией.

THE EFFECT OF THE DRUG PROSTIMUL ON THE FORMATION OF THE INTESTINAL MICROBIOME AND MITOTIC ACTIVITY OF CELLS OF THE SMALL INTESTINE OF PIGLETS WITH PERINATAL HYPOTROPHY

Shutikov V.A.[1] – junior scientific co-author (ORCID 0009-0004-2018-2662 ORCID); **Mikhaylov E.V.** [2] – PhD in Veterinary Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000 -0001-5457-1325); **Shabunin B. V.**[1] – Junior scientific co. (ORCID 0000-0002-2234-3851 ORCID); **Morozova P.D.** [2] – Junior Researcher (ORCID 0009-0000-0075-9170); **Burakova I.Yu.** [2] – Junior Researcher (ORCID 0000-0002-5881-0845); **Syromyatnikov M.Yu.** [1,2*] – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher (ORCID 0000-0001-9028-0613).

[1] All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy

[2] Voronezh State University of Engineering Technology

**voronezh81@rambler.ru*

ABSTRACT

A significant problem of modern industrial pig farming is the birth of a significant number of piglets with low live weight. A major problem is the further preservation and viability of physiologically immature piglets.The article describes the results of studies aimed at evaluating the effect of a stimulating drug based on recombinant cytokines of the first and second types (interferon alpha and interferon gamma), as well as vitamins A, E, and C – the drug Prostimuli – on the formation of the intestinal microbiome, as well as the mitotic activity of cells in the small intestine of piglets with perinatal hypotrophy. The experiment used newborn piglets, which were divided into 3 groups: group 1 — healthy piglets (n=10); group 2 — hypotrophic piglets (n=10), which per os, in addition to the main colostrum ration, were given cow colostrum at a dosage of 2.5 ml per head for 3 days (the scheme used in agriculture); group 3 — hypotrophic piglets (n=10), which were given parenteral Prostimul twice, in the first and third days of life at a dose of 0.1 ml / kg of body weight. On the 7th day of the piglets' life, fecal samples and small intestine samples were taken for research. According to the results of the conducted studies, it was found that the use of the drug Prostimul in piglets with perinatal hypotrophy contributes to the normalization of intestinal microflora due to the action of interferon alpha on pathogenic microorganisms, which can be used as a means of preventing colibacteriosis, and also allows to stimulate morphogenesis in the small intestine and, consequently, activate the processes of nutrient absorption, which stimulates more active growth of piglets.- hypotrophics.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Гаврилова В. А., Степочкин А. А., Басова Т. М. Цитометрические характеристики клеточных дифферонов эпителиальной ткани тонкого отдела кишечника у поросят от рождения до 60-суточного возраста // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2010.

2.Косарев И. В., Василенко Р. Н., Абрамов В. М., Сакулин В. К., Хлебников В. С., Пчелинцев С. Ю., Мачулин А. В., Абашина Т. Н., Самойленко В. А., Уверский В. Н., Карлышев А. В. S-белок пробиотического штамма lactobacillus crispatus 2029 предотвращает рост проницаемости монослоя caco-2 энтероцитов человека, индуцируемый возбудителями кишечных инфекций // Биомедицина. 2021. №3.

3.Лоренгель Т. И., Шабанова Е. О. Энтеробиоценоз поросят с симптомокомплексом диареи // Вестник ОмГАУ. 2022. №2 (46).

4.Никулин Владимир Николаевич, Мустафин Рамис Зуфарович Состояние обмена минеральных веществ у молодняка КРС при включении в рацион пробиотика // Известия ОГАУ. 2014. №1.

5.Т М. Скудная Структурная адаптация двенадцатиперстной кишки поросят-гипотрофиков при введении препарата «Биокаротивит» // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2012. №15 (2).

6.Тимошко Мария Андреевна, Велчу Алена, Богдан Виктория Константиновна Микрофлора кишечника – зеркало состояния здоровья организма человека и животных // Science Time. 2017. №8 (44).
7.Уровень CD-3 лимфоцитов в слизистой оболочке тонкого отдела кишечника поросят при комплексной терапии желудочно-кишечных заболеваний бактериальной этиологии / С. М. Воротникова, Б. В. Шабунин, Е. В. Михайлов, Д. С. Степанов // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2021. – Т. 57, № 3. – С. 8-12. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-3-8-12
8.Чеботарева, Т.А. Кишечная микробиота и иммунитет. Возможности мультиштаммовых пробиотиков в коррекции иммунного статуса у детей / Т.А. Чеботарева // Медицинский совет. – 2021. – № 11. С. 156-164. – doi.org/10.21518/2079-701X-2021-11-156-164.
9.Abdalla S.E. Food animals as reservoirs and potential sources of multidrug-resistant diarrheagenic E. coli pathotypes: Focus on intensive pig farming in South Africa / S.E. Abdalla, A.L.K. Abia, D.G. Amoako [et al.] // Onderstepoort J. Vet. Res. – 2022. – Vol. 89, № 1. – P. e1-e13. doi: 10.4102/ojvr.v89i1.1963
10.Boxx, G. M., & Cheng, G. (2016). The Roles of Type I Interferon in Bacterial Infection. Cell Host & Microbe, 19(6), 760–769. doi:10.1016/j.chom.2016.05
11.Dubreuil J.D. Animal enterotoxigenic Escherichia coli / J.D. Dubreuil, R.E. Isaacson, D.M. Schifferli // EcoSal Plus. – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016. doi:10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016
12.Li Y. Adhesive patterns of Escherichia coli F4 in piglets of three breeds / Y. Li, X. Qiu, H. Li, Q. Zhang // Journal of Genetics and Genomics. 2007. Vol. 34, № 7. P. 591-599. doi: 10.1016/S1673-8527(07) 60067-8
13.Metagenome analysis using the Kraken software suite /J. Lu, N. Rincon, D.E. Wood [et al.] //Nature protocols. – 2022. – Т. 17. – №. 12. – P. 2815-2839.
14.Rooks, M.G. Gut Microbiota, Metabolites and Host Immunity / M.G. Rooks, W.S. Garrett // Nat Rev Immunol. – 2016. – V. 16, № 6. – 28 p. – doi: 10.1038/nri.2016.42.

REFERENCES

1. Gavrilova V. A., Stepochkin A. A., Basova T. M. Cytometric characteristics of cellular differons of the epithelial tissue of the small intestine in piglets from birth to the age of 60 days // Scientific Notes of the Bauman Russian Academy of Medical Sciences. 2010.
2. Kosarev. V., Vasilenko R.N., Abramov. M., Sakulin. K., Khlebnikov. S., Pchelintsev S. Yu., Machulin A.V., Abashina. N., Samoylenko. A., Uversky. N., Karlyshev A.V. C-protein of a probiotic strain Lactobacillus crispatus 2029 prevents the growth of the permeability of the Caco-2 monolayer of human enterocytes, induced by pathogens of intestinal infections // Biomedicine. 2021. №3.
3. Lorengel T. I., Shabanova E. O. Enterobiocenosis of piglets with a symptom complex of diarrhea // OmGAU Bulletin. 2022. No. 2 (46).
4. Nikulin Vladimir Nikolaevich, Mustafin Ramis Zufarovich The state of mineral metabolism in young cattle when a probiotic is included in the diet // Izvestiya OGAU. 2014. №1.
5. T. M. Poor structural adaptation of the duodenum of hypotrophic piglets with the introduction of the drug "Biocarotivit" // Actual problems of intensive development of animal husbandry. 2012. №15 (2).
6. Timono Maria Andre, Velcu Alena, Bogdan Victoria Konstantinovna Miklorra kichechnika - a mirror of the health system of the human body and the Living // Science Time. 2017. №8 (44).
7. The level of cd-3 lymphocytes in the mucous membrane of the small intestine of piglets in the complex therapy of gastrointestinal diseases of bacterial etiology / S. M. Vorotnikova, B. V. Shabunin, E. V. Mikhailov, D. S. Stepanov // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. – 2021. – Vol. 57, No. 3. –

pp. 8-12. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-3-8-12. – DBEGQD EMAIL address.
8. Chebotareva, T.A. Intestinal microbiota and immunity. The possibilities of multi-strain probiotics in correcting the immune status in children / T.A. Chebotareva // Medical Council. – 2021. – No. 11. pp. 156-164. – doi.org/10.21518/2079-701X-2021-11-156-164 .
9. Abdalla S. E. Food animals as reservoirs and potential sources of multidrug-resistant E. coli pathotypes that cause diarrhea: emphasis on intensive pig farming in South Africa / S. E. Abdalla, A.L.K. Abia, D.G. Amoako [et al.] // Onderstepoort J. Vet. Res. – 2022. – Volume 89, No. 1. – pp. e1-e13. doi: 10.4102/ojvr.v89i1.1963
10. Bokks, G. M., & Cheng, G. (2016). The role of type I interferon in the development of bacterial infection. Host Cell and Microbe, 19(6), 760-769. doi:10.1016/j.chom.2016.05
11. Dubrey J.D. Enterotoxigenic E. coli of animals / J.D. Dubrey, R.E. Isaacson, D.M. Shifferli // EcoSal Plus. – 2016. – Volume 7, No. 1. – p. 10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016. doi:10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016
12. Li Yu. Features of Escherichia coli F4 adhesion in piglets of three breeds / Yu. Li, H. Qiu, H. Li, K. Zhang // Journal of Genetics and Genomics. 2007. Volume 34, No. 7. Pp. 591-599. doi: 10.1016/S1673-8527(07)60067-8
13. Metagenome analysis using the Kraken software package /J. Lu, N. Rincon, D.E. Wood [et al.] //Nature protocols. – 2022. – Vol. 17. – No. 12. – pp. 2815-2839.
14. Roux, M.G. Intestinal microbiota, metabolites and host immunity / M.G. Roux, W.S. Garrett // Nat Rev Immunol. – 2016. – Vol. 16, No. 6. – 28 p. – doi: 10.1038/nri.2016.42.

ЗООГИГИЕНА, САНИТАРИЯ, КОРМЛЕНИЕ

УДК: 591.111.1+636.234.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.154

ОЦЕНКА АДАПТОГЕННЫХ СВОЙСТВ ПАНТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ СТРЕССЕ У КОРОВ ГОЛШТИНО-ФРИЗСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ МОЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Голубенко В.И. [1*] – асп.; **Муромцев А.Б.** [2] – д-р. вет. наук, профессор

[1] ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
[2] Калининградский филиал ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

*viktor_golubenko2010@mail.ru

Ключевые слова: *голштино-фризская порода, адаптогены, панты, европейский благородный олень, стресс, молочный комплекс, лейкограмма.*
Keywords: *Holstein-Friesian breed, adaptogens, antlers, European red deer, stress, milk complex, leukogram.*

Поступила: 12.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Влияние хронического стресса на организм высокопродуктивного животного оказывает негативное влияние, которое, как правило, выражается в снижении продуктивности. Перспективным методом снижения хронического стресса у животных являются природные адаптогены, к которым относятся панты. Целью работы являлась оценка эффективности применения биологически активной добавки из пантов европейского благородного оленя на уровень адаптации у коров голштино-фризской породы в условиях хронического стресса на молочном комплексе. Исследования проводились в период с 2022 по 2023 годы. Объектами исследования являлись коровы голштино-фризской породы, которые имели признаки хронического стресса. Исследуемым животным задавали сублимированный порошок из пантов европейского благородного оленя. Методом пар-аналогов формировали контрольную (n=10) и опытную (n=10) группы. Эффективность применения добавки оценивали по лейкограмме. Забор крови для анализа осуществлялся из хвостовой вены на 1-ый, 30-ый и 40-ой день эксперимента. Морфологический анализ крови проводили с использованием автоматического гематологического ветеринарного анализатора «Abaxis HM5». В начале эксперимента у животных были отмечены нейтрофилез и эозинопения, свидетельствовавшие о наличии хронического стресса у животных. Порошок задавали индивидуально внутрь по 10 грамм 1 раз в сутки в течение 30 дней. В рамках исследования было отмечено сокраще-

ние сегментоядерных нейтрофилов на 33,7 % по сравнению с контрольной группой, в которой соответствующие показатели практически не изменились, а в динамике имели тенденцию к росту. К завершению эксперимента объем эозинофилов опытной группы более чем в 2 раза превысил показатели контрольной группы. Полученные результаты позволили сделать вывод об эффективности применения порошка из пантов, снижении уровня стресса и тревожности у животных.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Молочное производство является отраслью с высокой степенью эксплуатации крупного рогатого скота. Нахождение животных на молочном комплексе подразумевает постоянный контакт с обслуживающим персоналом, техническими средствами, ограниченность в пространстве, нахождение в группах по 100 – 150 голов. Эти и другие факторы являются стрессогенными для животных.

Организм, кратковременно подверженный стрессу, в состоянии адаптироваться, однако постоянный стресс снижает адаптационные возможности организма, что может приводить к нежелательному поведению, острому течению хронических заболеваний, и к снижению продуктивности [1,2].

Стресс – аномальное состояние организма, при котором он вынужден отвечать неспецифической реакцией в ответ на раздражители различной этиологии, адаптироваться к окружающей среде, либо давать сбой [3].

Устойчивость к стрессу у животных, согласно работам С.И. Плященко и В.Т. Сидорова, мы можем оценивать по показателям крови - соединительной ткани организма, обеспечивающей постоянство внутренней среды [4]. Влияние стресса можно оценить по изменениям в лейкограмме, которые характеризуются как нейтрофилез, эозинопения. Стресс – факторы способны вызывать патологические изменения в показателях крови, что приводит к снижению естественной резистентности организма и, к снижению продуктивности [5].

Федорова А. О. исследовала реакции гранулоцитарного ростка кроветворения при стрессовых воздействиях [6]. Согласно её данным, стресс негативно влияет на иммунитет и органы иммунной системы. В гранулоцитарном ростке образуются лейкоцитарные клетки иммунной системы, такие как эозинофилы, базофилы, нейтрофилы, лимфоциты, моноциты. Подобная структура красного костного мозга реагирует сразу при воздействии стресс-факторов на неё. Данная закономерность обусловлена тем, что при стрессе организм пытается приспособиться к изменившимся условиям, нивелируя отрицательное воздействие извне. В этой связи, изменения лейкоцитарного состава клеток крови следует рассматривать, как маркер стресса [6,14].

Сократить воздействие стресса на организм животного – важная задача на молочных комплексах. Полностью избавиться от стресса практически невозможно, ввиду интенсификации производства, четкого планирования и конверсии большинства ресурсов в экономическую прибыль. Всё это, зачастую, приводит к пренебрежению состоянием животных и повышенному стрессу для них. Продуктивность коров голштино-фризской породы отличается существенной зависимостью от условий содержания, кормления, ветеринарных мероприятий и наличия стресс-факторов.

Известно, что адаптогены природного происхождения позволяют стабилизировать метаболические процессы, повысить резистентность организма, в том числе и к стрессу [7,13].

Согласно классификации адаптогенов по Дешину Р.Г., панты являются адаптогеном животного происхождения [8]. В данной работе были использованы панты европейского благородного оленя, которые содержатся и разводятся в Калининградской области. Панты являются природным биостимулятором ввиду того, что обладают гипотензивным, адаптогенным и тонизирующим действием [1]. В биологически активных добавках и лекарственных средствах в качестве действующего

вещества выступает пантов благородного оленя экстракт. Благодаря тому, что панты представляют собой структурные элементы организма взрослого оленя, то применение их коровам голштино-фризской породы, подверженных хроническому стрессу, является оптимальным методом повышения продуктивности ввиду схожего биохимического состава.

В связи с вышеизложенным, **целью** данной работы являлась оценка эффективности применения биологически активной добавки из пантов европейского благородного оленя на уровень адаптации к стрессу у голштино-фризской породы коров в условиях хронического стресса на молочном комплексе. Научная новизна исследования заключается том, что поголовье оленей, от которых были получены панты, содержится и разводится в Калининградской области. Объем научных изысканий по применению пантов в качестве адаптогена незначительное количество, при этом оценка эффективности их применения у коров голштино-фризской породы является актуальной и ранее недостаточно изученной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования по оценке эффективности применения биологически активной добавки из пантов европейского благородного оленя проводили с 2022 по 2023 годы на одном из крупных молочных комплексов, расположенном в Калининградской области при поддержке ООО «Калининградской областной центр ветеринарной медицины» и ФГБОУ ВО «Калининградской государственный технический университет».

В целях эксперимента были сформированы 2 группы животных по принципу пар-аналогов. В контрольной (n=10) и опытной группах (n=10) находились коровы голштино-фризской породы, одинакового веса, упитанности, молочной продуктивности и возраста. В группы вошли новотельные коровы первой лактации через 100-130 дней после отела. Животные были с установившейся лактацией, не имевшие признаков заболеваний, содержавшиеся на рационе для новотельных коров. Технологические группы варьировались от 20 до 180 голов в каждой. В свободном доступе имелась чистая вода, соль-лизунец. Доение осуществлялось 2 раза в сутки. Исходя из наблюдений, в ходе эксперимента, выбранная технологическая группа характеризовалась повышенной тревожностью в поведении ввиду адаптации к машинному доению, новому рациону, смене привычной группы содержания, изменению позиции в иерархии.

Для получения биологически активной добавки, панты подвергали сублимационной обработке по методике Горшкова В.В. и соавторов [9]. Дополнительно подвергали измельчению до 0,02-0,04 мм и просеивали, отделяя более крупные фрагменты.

Животным из опытной группы задавали по 10 грамм порошка, разведенного в питьевой воде 1 раз в сутки в течение 30 дней индивидуально перорально.

Вся полученная информации в ходе эксперимента была обработана в пакете офисных программ «Microsoft Office Word, Excel» («Microsoft», США).

Для контроля морфологических показателей крови у животных утром производили забор крови из хвостовой вены в вакуумные пробирки с антикоагулянтом (ЭДТА) в соответствии с правилами асептики и антисептики в 1-ый, 30-ый и 40-ой день эксперимента. Морфологический анализ крови проводили с использованием автоматического гематологического ветеринарного анализатора «Abaxis HM5».

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В первый день эксперимента был проведен забор крови у исследуемых животных, и обработаны результаты лейкограммы, представленных в таблице 1.

С целью оценки наличия хронического стресса был проведен сравнительный анализ усреднённых значений лейкограммы исследуемых животных, до применения адаптогена, с усредненными показателями нормы согласно рисунку 1.

Таблица 1 – Усредненные значения лейкограммы исследуемых животных (n=20) до применения добавки из пантов

Группы	Лейкоциты, 10^9/л	Эозинофилы, %	Базофилы, %	Нейтрофилы, %			Лимфоциты, %	Моноциты, %
				Юные	Палочкоядерные	Сегментоядерные		
Контрольная (n=10)	7,32± 0,36	1,81± 0,09	0,80± 0,04	0,30± 0,02	3,95± 0,22	30,58± 1,55	62,73± 3,08	3,23± 0,17
Опытная (n=10)	7,28± 0,37	1,78± 0,09	0,79± 0,04	0,30± 0,02	4,07± 0,23	31,03± 1,53	61,67± 3,14	3,37± 0,16



Рисунок 1 – Сравнительная характеристика лейкограммы у голштино-фризской породы коров до применения добавки из пантов. (n=20).

Референсные значения установлены согласно исследованиям, изложенным в учебном пособии по клинической гематологии животных под авторством Д.Р. Амирова, и др. [10-11].

Согласно исследованиям, Г. Селье, [12] описавшему 3 стадии развития стресса, исследуемые животные находились на 1 стадии стресса, что подтверждается результатами анализа лейкограммы. Стадия истощения наступает на заключительном этапе, в результате которого, организм не в состоянии дать адекватный ответ на стресс. Постепенно угнетается активность иммунной системы, снижается уровень метаболизма и снижается продуктивность. Высокопродуктивные животные не реализуют свой генетический потенциал в полной мере. [5]

Проведя анализ диаграммы, можно выявить отклонения у исследуемых животных, заключающихся в проявленном нейтрофилезе и эозинопении.

Увеличение количества сегментоядерных нейтрофилов на 3,3 % свидетельствует о нейтрофилезе, что может является маркером стресса у животных. Уровень эозинофилов снизился на 32,7 % по сравнению с усредненными референсными значениями. Эозинопения является значимым подтверждающим показателем наличия хронического стресса у животных.

Мы задавали порошок из пантов европейского благородного оленя, именно в

разгар лактации на 100 – 130 день, для получения достоверных результатов об эффективности применения добавки.

С целью контроля динамики гематологических показателей после опыта, был произведен забор крови. Результаты лейкограммы на 40-ой день от начала опыта приведены в таблице 2.

В результате применения адаптогена, у животных опытной группы изменилась лейкограмма, поведение отмечалось, как спокойное и удовлетворительное. Нами была установлена положительная динамика у опытной группы. Отмечалось снижение сегментоядерных нейтрофилов на 33,7 % по сравнению с контрольной группой, в которой соответствующие показатели практически не изменились, а в динамике имели тенденцию к росту. (Рисунок 2).

Таблица 2 – Усредненные значения лейкограммы исследуемых животных (n=20) после применения добавки из пантов

Группы	Лейкоциты, 10^9/л	Эозинофилы, %	Базофилы, %	Нейтрофилы, %			Лимфоциты, %	Моноциты, %
				Юные	Палочкоядерные	Сегменто-ядерные		
Контрольная (n=10)	7,80± 0,39	1,55± 0,08	1,10± 0,06	0,40± 0,02	3,80± 0,19	33,73± 1,69	60,50± 3,03	3,60± 0,18
Опытная (n=10)	6,50± 0,32	3,33± 0,17	0,70± 0,04	0,20± 0,01	2,80± 0,14	23,70± 1,19	53,20± 2,66	2,80± 0,14

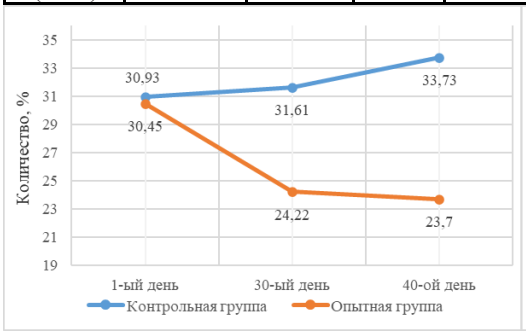


Рисунок – 2. Показатели сегментоядерных нейтрофилов у голштино-фризской породы коров в ходе эксперимента. (n=10).

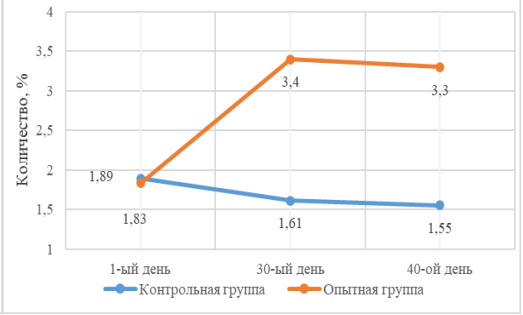


Рисунок 3 – Показатели эозинофилов у голштино-фризской породы коров в ходе эксперимента. (n=10).

По результатам наблюдений нами было выявлено снижение уровня тревожности, сохранение продуктивных характеристик, проявление заинтересованности к другим животным в группе.

Согласно рисунку 3 объем эозинофилов в крови животных опытной группы имел тенденцию к росту, что подтверждается проведенными исследованиями. К концу эксперимента объем эозинофилов опытной группы более чем в 2 раза превысил тот же объем у контрольной. Применение адаптогена из пантов европейского благородного оленя оказывает положительное влияние на адаптационные возможности при воздействии на животных хронического стресса в условиях молочного комплекса.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате наших исследований, мы выявили, что хронический стресс является важной проблемой для животных на молочных комплексах в Калининградской области. Перспективной возможно-

стью минимизации стрессовых состояний для организма является совершенствование подхода к получению молочной продукции, а также применение адаптогенов, позволяющих снизить уровень хронического стресса у коров голштино-фризской породы.

Таким образом:

1) Проведенные нами исследования позволили оценить эффективность применения биологически активной добавки из пантов европейского благородного оленя, выращиваемого в Калининградской области на коровах голштино-фризской породы, подверженных стрессовому воздействию;

2) Экспериментальным путем была доказана эффективность добавки из пантов, как адаптогена животного происхождения;

3) Полученные результаты исследования позволили зафиксировать снижение сегментоядерных нейтрофилов на 33,7 % по сравнению с контрольной группой, а также получить данные о повышении объема эозинофилов опытной группы более чем в 2 раза. Это доказывает, что добавка из сублимированных пантов снижает уровень хронического стресса у коров голштино-фризской породы.

4) Применение адаптогена позволило улучшить качество жизни животных, сохранить продуктивность в разгар лактации и реализовать заложенный генетический потенциал.

EVALUATION OF ADAPTOGENIC PROPERTIES OF EUROPEAN RED DEER ANTLERS UNDER CHRONIC STRESS IN HOLSTEIN-FRIESIAN COWS IN A DAIRY COMPLEX

Golubenko V.I. [1*] – PhD Student; **Muromtsev A.B.** [2] **–** Doctor of Veterinary Sciences, Professor

[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kaliningrad State Technical University»

[2] Kaliningrad branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University»

*viktor_golubenko2010@mail.ru

ABSTRACT

The impact of chronic stress on the body of a highly productive animal has a negative effect, which is usually expressed in a decrease in productivity. A promising method for reducing chronic stress in animals are natural adaptogens, which include antlers. The aim of the work was to evaluate the effectiveness of using a dietary supplement made from European red deer antlers on the level of adaptation in Holstein-Friesian cows under chronic stress at a dairy complex. The studies were conducted from 2022 to 2023. The objects of the study were Holstein-Friesian cows that showed signs of chronic stress. The study animals were given freeze-dried powder from European red deer antlers. Using the pair-analogue method, a control (n = 10) and experimental (n = 10) groups were formed. The effectiveness of the supplement was assessed by a leukogram. Blood samples for analysis were taken from the tail vein on the 1st, 30th and 40th days of the experiment. Morphological blood analysis was performed using the Abaxis HM5 automatic veterinary hematology analyzer. At the beginning of the experiment, animals showed neutrophilia and eosinopenia, indicating chronic stress in animals. The powder was administered individually orally at 10 grams once a day for 30 days. The study showed a 33.7% decrease in segmented neutrophils compared to the control group, in which the corresponding indicators remained virtually unchanged and tended to increase dynamically. By the end of the experiment, the eosinophil volume in the experimental group was more than 2 times higher than in the control group. The results obtained allowed us to conclude that the antler powder is effective in reducing stress and anxiety in animals.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сафиуллин, Н. А. Стрессоустойчивость и молочная продуктивность коров / Н. А. Сафиуллин, Н. М. Каналина // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 4. – С. 28-30.

2. Ткаченко, Т. Защитные и восстановительные механизмы животных при температурном стрессе / Т. Ткаченко // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 3. – С. 32-24.
3. Pejman, A. Heat Stress in Dairy Cows / A. Pejman, A. S. Shahryar // Research in Zoology. – 2012. – № 2(4). – P. 31-37.
4. Плященко, С. И. Стрессы у сельскохозяйственных животных / С. И. Плященко, В. Т. Сидоров. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 190 с.
5. Донник, И.М. Особенности адаптации крупного рогатого скота к неблагоприятным экологическим факторам окружающей среды / И.М. Донник, И.А. Шкуратова. // Ветеринария Кубани. – 2009. – № 5. – С. 16-17
6. Федорова, А. О. Реакция гранулоцитарного ростка кроветворения при стрессе и его коррекции / А. О. Федорова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. – № 2(58). – С. 119-125.
7. Курлядский, Б.А. Современные тенденции в международном сотрудничестве по химической безопасности в свете стратегического подхода к международному регулированию химических веществ (СПМРХВ - SAICM) / Б.А. Курлядский, А. А. Виноградова // Токсикологический вестник. – 2008. – № 6. – С. 2-8.
8. Дешин, Р.Г. Краткий справочник фармакологических препаратов, разрешённых и запрещённых в спорте [ежегодный сборник] / Р.Г. Дёшин. – Москва: Спорт, 2016. – 63 с.
9. Горшков, В.В. Повышение качества пантов использованием разных способов их консервирования / В. В. Горшков, Е. И. Машкина, Е. М. Щетинина [и др.] // Ползуновский вестник. – 2022. – №1. – С. 96-97.
10.Амиров, Д. Р. Клиническая гематология животных / Д. Р. Амиров, Б. Ф. Тамимдаров, А. Р. Шагеева. – Казань: Центр информационных технологий КГАВМ, 2020. – 134 с.
11.Полозюк, О.Н. Гематология: учебное пособие / О.Н. Полозюк, Т. М. Ушакова. – Донской ГАУ. – Персиановский: Донской ГАУ, 2019. – 159 с.
12.Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье, ред. М. Г. Дурмишьян, пер.с англ.: В. И. Кандрор, А. А. Рогов. – Москва. Медгиз, 1960. – 256 с.
13.Ярован, Н. И. Биохимические аспекты оценки, диагностики и профилактики технологического стресса у сельскохозяйственных животных: специальность 03.00.04: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Ярован Н. И. – Москва, 2008. – 277 с.
14.Сотникова, Е. Д. Изменения в системе крови при стрессе / Е. Д. Сотникова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2009. – № 1. – С. 50-55.

REFERENCES

1. Safiullin, N. A. Stress Resistance and Milk Productivity of Cows / N. A. Safiullin, N. M. Kanalina // Dairy and Beef Cattle Breeding. - 2013. - No. 4. - P. 28-30.
2. Tkachenko, T. Protective and Restorative Mechanisms of Animals under Temperature Stress / T. Tkachenko // Dairy and Beef Cattle Breeding. - 2010. - No. 3. - P. 32-24.
3. Pejman, A. Heat Stress in Dairy Cows / A. Pejman, A. S. Shahryar // Research in Zoology. - 2012. - No. 2 (4). - P. 31-37.
4. Plyashchenko, S. I. Stress in farm animals / S. I. Plyashchenko, V. T. Sidorov. - Moscow: Agropromizdat, 1987. - 190 p.
5. Donnik, I. M. Features of adaptation of cattle to unfavorable environmental factors / I. M. Donnik, I. A. Shkuratova. // Veterinary science of Kuban. - 2009. - No. 5. - P. 16-17
6. Fedorova, A. O. Reaction of the granulocytic hematopoietic sprout under stress and its correction / A. O. Fedorova // Far Eastern Agrarian Bulletin. - 2021. - No. 2 (58). - P. 119-125.
7. Kurlyadsky, B. A. Current trends in international cooperation on chemical safety in light of the strategic approach to international chemical management (SAICM) / B.A. Kurlyadskiy, A.A. Vinogradova // Toxicological Bulletin. - 2008. - No. 6. - P. 2-8.
8. Deshin, R.G. Brief reference book of pharmacological drugs permitted and prohibited in sports [annual collection] / R.G.

Deshin. - Moscow: Sport, 2016. - 63 p.
9. Gorshkov, V.V. Improving the quality of antlers using different methods of their preservation / V.V. Gorshkov, E.I. Mashkina, E.M. Shchetinina [et al.] // Polzunovsky Bulletin. - 2022. - No. 1. - P. 96-97.
10. Amirov, D. R. Clinical hematology of animals / D. R. Amirov, B. F. Tamimdarov, A. R. Shageeva. - Kazan: Center for Information Technologies of KGAVM, 2020. - 134 p.
11. Polozyuk, O. N. Hematology: a textbook / O. N. Polozyuk, T. M. Ushakova. - Donskoy SAU. - Persianovsky: Donskoy SAU, 2019. - 159 p.
12. Selye, G. Essays on the adaptation syndrome / G. Selye, ed. M. G. Durmishyan, trans. from English: V. I. Kandror, A. A. Rogov. - Moscow. Medgiz, 1960. - 256 p.
13. Yarovan, N. I. Biochemical aspects of assessment, diagnostics and prevention of technological stress in farm animals: specialty 03.00.04: dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences / Yarovan N. I. - Moscow, 2008. - 277 p.
14. Sotnikova, E. D. Changes in the blood system during stress / E. D. Sotnikova // Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry. - 2009. - No. 1. - P. 50-55.

УДК: 636.5.033:637.5
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.162

ВЛИЯНИЕ ФУЛЬВОГУМАТА НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Нечитайло К.С.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-8755-414X); **Сизова Е.А.** – д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-5125-5981); **Шошин Д.Е.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3086-681X)

[1] ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

*k.nechit@mail.ru

Ключевые слова: *цыплята-бройлеры, аминокислоты, биологическая ценность, аминокислотный состав, мышечная ткань.*

Key words: *broiler chickens, amino acids, biological value, amino acid composition, muscle tissue.*

Благодарности: *Исследования проведены выполнена в соответствии с планом НИР ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в рамках выполнения проекта FNWZ-2024-0002.*

Поступила: 15.11.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025

РЕФЕРАТ

В настоящее время важной задачей является повышение качества продукции животноводства. В этом контексте особое внимание уделяется анализу биологической ценности мясной продукции, которая напрямую зависит от состава белковых компонентов. Таким образом, целью исследования стала оценка влияния фульвогумата на аминокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. Установлено, что введение фульвогумата приводило к изменению содержание аминокислот (АМК) мышечной ткани. При оценке профиля незаменимых аминокислот выявлено, что введение фульвогумата приводило к статистически значимому увеличению их суммы в целом на 3,55 % ($P \leq 0,05$), и в частности: лейцина и изолейцина на 4,35 % ($P \leq 0,05$), валина на 5,19 % ($P \leq 0,05$), лизина на 5,15 % ($P \leq 0,05$), фенилаланина на 4,23 % ($P \leq 0,05$). Введение фульвогумата обеспечивает увеличение гистидина на 6,91 % ($P \leq 0,01$) и аргинина на 5,68 % ($P \leq 0,01$) в сравнении с группой основного рациона. В ходе исследования был установлен аминокислотный скор, свидетельствующий о влиянии фульвогумата на биологическую ценность анализируемой мышечной ткани. Введение добавки способствовало увеличению скора фенилаланина на 4,23 % ($P \leq 0,05$) и скора других незаменимых аминокислот, таких как: лейцин+изолейцин на 4,35 % ($P \leq 0,05$), валин на 5,19 % ($P \leq 0,05$), лизин на 5,15 % ($P \leq 0,05$), гистидин на 6,91 % ($P \leq 0,01$) в сравнении с группой основного рациона. Таким образом, данные результаты могут быть использованы при оптимизации кормления животных, направленных на повышение качества продукции животноводства. Введение фульвогумата в рацион кормления цыплят-бройлеров способствует улучшению аминокислотного состава мышечной ткани, что повышает ее биологическую ценность и может привести к улучшению качества мясной продукции.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Мясо птицы является качественным, высокобелковым продуктом с низкой калорийностью, так как в мышечной ткани птицы низкое содержание жира. Белки вносят определяющее значение в пищевую и биологическую ценность мышечной ткани, так как снабжают организм азотом и незаменимыми аминокислотами [1]. Источником анаболизма белка в организме являются аминокислоты. После протеолитического распада компонентов пищи, аминокислоты включаются в постпрандиальный белковый синтез, обеспечивая нивелирование постабсорбционных потерь и обуславливают эффективность метаболических путей [2]. С этой точки зрения, в отношении оценки качества белка важно включать не только вкусовые особенности и соотношение питательных веществ, но и непосредственно аминокислотный состав белка [1,3]. Так, чередование аминокислот в полипептидной цепи, наряду с числом и видом, определяют вариабельность биологической ценности белка [4]. Аминокислоты должны поступать сбалансированно, так как при нарушении на этапе попадания в организм или синтеза, сдвигается равновесие белкового анаболизма и катаболизма в сторону преобладания собственных белков. Этот процесс затрагивает в первую очередь лимитирующие незаменимые аминокислоты [3].

Известно, аминокислотный состав белка может варьироваться в зависимости от способа выращивания и кормления животных [4,5]. Несомненно, введение различных агентов с адаптогенными и стимулирующими свойствами в рацион, способно изменять не только пищевую, но и биологическую ценность мышечной ткани. Так, Alfaig E. Et al. (2014), установили, что кормовая добавка с маслом тимьяна положительно влияла на профиль незаменимых аминокислот мышечной ткани цыплят-бройлеров [6]. В свою очередь, Angelovičová, M. and Semivanová, M. (2013) получили противоречивые результаты при введении в рацион кормления цыплят-бройлеров добавок йода, с тенденцией положительного влияние смеси йодированного масла на качество продукции цыплят-бройлеров [7]. Исследования И.В. Маршания (2021) свидетельствовали о влияние селенсодержащей добавки на аминокислотный состав мышечной ткани молодняка гусей, в частности улучшение белково-качественного показателя [8].

Гуминовые вещества представляют собой смесь гуминовых кислот и фульвокислот, а также гуминов. Данные органические компоненты образуются в ходе микробной трансформации, распада остатков растительного и животного мира [9]. Фульвовые кислоты представляют собой органические соединения, выделенные из торфа и различных типов угля [10, 11]. Отличительное преимущество гуминовых веществ – это строение в виде гетерогенных макромолекул с множеством функциональных групп, прежде всего карбоксильных и фенольных [12]. При этом, имеются данные, подтверждающие действие гуминовых веществ как стимуляторов роста сельскохозяйственных животных [13, 14]. Однако, информации о влиянии гуминовых веществ на биологическую ценность белка недостаточно.

Учитывая вышеизложенное, **целью** исследования стала оценка влияния фульвогумата на аминокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Экспериментальное исследование на цыплятах-бройлерах было проведено на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии». В ходе эксперимента были сформированы две группы (n=20), которые содержались в идентичных условиях кормления и содержания. Основной рацион для всех групп была унифицированная стандартная кормосмесь, сформированная в соответствии с нормами ВНИТИП (2015), без добавления кормовых антибиотиков. Одна группа получала исключительно основной рацион (ОР), вторая группа помимо стандартной кормосмеси фульвогумат (ФГ) – гу-

миновую кормовую добавку («Иван Овсинский» КОРМ»). Дозировка фульвогумата была взята с учётом рекомендаций производителя: 0,01 мл на 1 кг живой массы. Кормовая добавка представляет собой раствор гуминовых кислот, полученных методом щелочной экстракции из бурого угля – леонардита.

Эксперимент длился 42 суток и включал в себя два периода: подготовительный – 7 суток и учётный – 35. В ходе эксперимента были проведены лабораторные исследования, в том числе анализ физико-химического состава биологических субстратов (определение массовой доли сухого вещества, жира, сырого протеина, сырой клетчатки, сырой золы) на базе Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН http://цкп-бст.рф. Анализ аминокислотного состава проводился с помощью системы капиллярного электрофореза Капель - 105М (ООО "Люмэкс-маркетинг" (Россия)). Метод определения аминокислотного состава согласно ГОСТ Р 55569-2013.

Статистическая обработка экспериментальных данных была произведена с использованием программного пакета «Statistica 12» («StatSoft Inc.», USA) и «Microsoft Excel». Анализ нормальности распределения данных проводили в рамках критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Статистическую значимость оценивали с помощью параметрического t- критерия Стьюдента независимых групп.

Экспериментальное исследование было проведено в соответствии с принципом аналогичных групп и рекомендациями российских нормативных актов и «Guide for the Carre and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996) с соблюдением ряда мер, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Оценка качества биологической ценности мясной продукции заключается в первостепенном анализе белковых компонентов. Так, анализ химического состава мышечной ткани цыплят-бройлеров (таблица 1). свидетельствовал о воздействие фульвогумата на количество сухого вещества, которое увеличивалось в опытной группе на 14,0% (P≤0,01). При этом, результаты компонентного анализа сухого вещества мышечной ткани показали, что по зольности и по содержанию жира различий в группах выявлено не было. Однако, уровень белка в мышечной ткани цыплят-бройлеров в группе фульвогумата был выше на 2,71% (P≤0,05).

Таблица 1 – Химический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров, %

Исследуемый показатель	Группа	
	ОР	ФГ
Влага	78,16±0,485	75,11±0,113
Сухое вещество	21,84±0,485	24,89±0,113 [b]
Жир	16,22±1,703	15,21±0,549
Зола	4,02±0,112	3,86±0,041
Белок	80,20±0,140	82,37±0,667 [a]

*Примечание: [a] - P≤0,05; [b]- P≤0,01 при сравнении групп между собой; *- в сухом веществе.*

Таблица 2 – Аминокислотный профиль (незаменимые АМК) мышечной ткани цыплят-бройлеров под действием фульвогумата, г/100 г белка

Исследуемый параметр	Группа	
	ОР	ФГ
Лейцин+изолейцин	11,23±0,079	11,72±0,145 [a]
Метионин	2,28±0,022	2,36±0,029
Валин	4,43±0,054	4,66±0,035 [a]
Лизин	7,65±0,045	8,04±0,108 [a]
Фенилаланин	3,31±0,020	3,45±0,035 [a]
Треонин	3,91±0,025	3,86±0,051
Σ незаменимых аминокислот	32,82±0,231	34,10±0,397 [a]

Примечание: [a] - P≤0,05 при сравнении групп между собой.

Таблица 3 – Аминокислотный профиль (заменимые АМК) мышечной ткани цыплят- бройлеров под действием фульвогумата, г/100 г белка

Исследуемый параметр	Группа	
	ОР	ФГ
Гистидин*	2,41±0,022	2,57±0,017 [b]
Аргинин*	6,07±0,074	6,42±0,093 [a]
Пролин	3,52±0,005	3,56±0,039
Тирозин	3,93±0,142	4,09±0,015
Серин	3,45±0,027	3,43±0,024
Аланин	7,39±0,119	7,73±0,003 [a]
Глицин	4,73±0,042	4,65±0,028
Σ заменимых аминокислот	31,84±0,190	32,10±0,155
Индекс аминокислот	1,03±0,002	1,06±0,007 [a]

*Примечание: a - P≤0,05; b- P≤0,01 при сравнении групп между собой; *условно-незаменимые аминокислоты.*

Поступление в организм цыплят-бройлеров в ходе кормления фульвогумата приводило к изменению аминокислотного состава мышечной ткани. Так, при оценке профиля незаменимых аминокислот (таблица 2), выявлено, что введение фульвогумата приводило к статистически значимому увеличению суммы лейцина и изолейцина на 4,35 % (P≤0,05) в сравнении с группой основного рацион. Схожая закономерность была выявлена в отношении ряда других незаменимых аминокислот. Так, содержание валина в группе фульвогумата было выше на 5,19 % (P≤0,05), лизина на 5,15 % (P≤0,05), фенилаланина на 4,23 % (P≤0,05). Если оценивать суммарно, то исследуемая добавка приводила к увеличению незаменимых аминокислот на 3,90% (P≤0,05) в сравнении с контрольной группой. Таким образом, учитывая тот факт, что изолейцин, лейцин, валин и фенилаланин являются непосредственным источником энергии для мышечных клеток.

Аргинин и гистидин являются условно незаменимыми аминокислотами. Предпо-

лагается, что скорость, с которой организм может синтезировать подобные аминокислоты ограничена, поэтому при определенных условиях потребность в них возрастает и не покрывается собственными силами. В связи с этим, нормирование данных аминокислот, является важным в период формирования и активного роста организма. Введение фульвогумата обеспечивает увеличение гистидина на 6,64% (P≤0,01) и аргинина на 5,77% (P≤0,01) в сравнении с группой основного рациона. Аргинин в ходе метаболизма преобразуется в креатин.

В отношении заменимых аминокислот, выявлено увеличение содержания аланина на 4,6 % (P≤0,05) в группе применения фульвогумата.

В ходе исследования был установлен аминокислотный скор, свидетельствующий о влиянии фульвогумата на биологическую ценность анализируемой мышечной ткани и пороговый уровень расходования азота изучаемого белка для анаболических целей (рис.1).

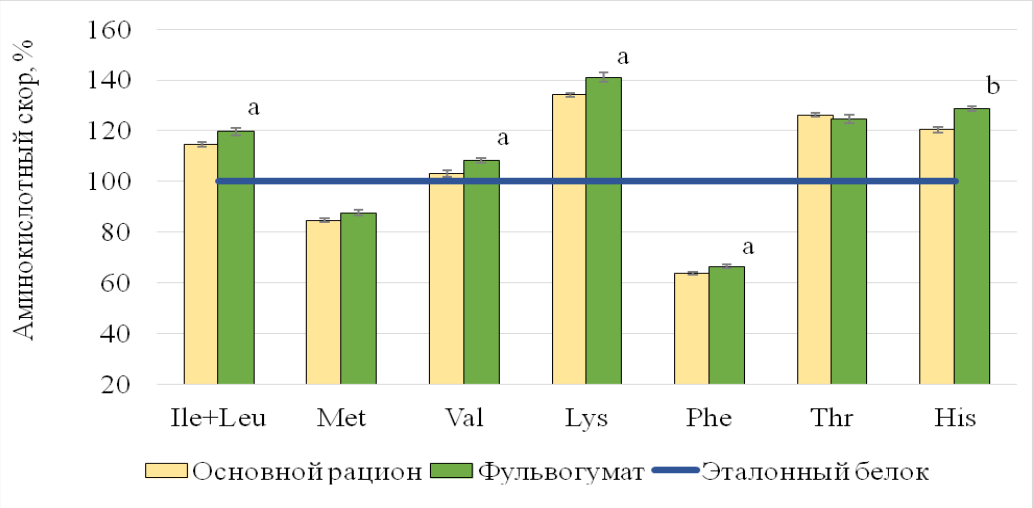


Рисунок 1 – Диаграмма аминокислотного скор белка мышечной ткани цыплят-бройлеров, %. Примечание: (Ile+Leu - лейцин+изолейцин; Met - метионин; Val - валин; Lys - лизин; Phe - фенилаланин; Thr - треонин; His - гистидин); [a] - P≤0,05; [b] - P≤0,01 при сравнении групп между собой.

Так, первой лимитирующей как в группе основного рациона, так и в группе фульвогумата стала аминокислота фенилаланин, 63,71 % и 66,41 % соответственно.

Таким образом, скор фенилаланина влияет как на общую биологическую ценность, так и на степень усвоения белка. Но при этом, введение добавки способствовало увеличению скора фенилаланина на 4,23 % (P≤0,05). Кроме этого, в группе фульвогумата наблюдалось увеличение скора других лимитирующих аминокислот, таких как: Лейцин+изолейцин на 4,35 % (P≤0,05), валин на 5,19 % (P≤0,05), лизин на 5,15 % (P≤0,05), гистидин на 6,91 % (P≤0,01) в сравнении с группой основного рациона.

Избыточный скор был отмечен в обеих группах в отношении лизина и аргинина, данные аминокислоты вероятно будут использованы непротеогенными путями в качестве предшественников других небелковых азотистых веществ, таких как пептидные гормоны, нейротрансмиттеры, нуклеиновые кислоты, глутатион, окись азота или креатин. Либо подвергаясь дезаминированию, углеродный скелет избы-

точных аминокислот будет использован в различных путях энергетического метаболизма как непосредственный энергетический субстрат.

Перечисленные выше эффекты вероятно связаны с особым строением гуминовых веществ. Подобные агенты с многочисленными реакционноспособными функциональными группами (гидроксильные, хиноновые, фенольные и карбоксильные группы), проявляют выраженные антиоксидантные, противовирусные, противовоспалительный и иммуностимулирующие свойства [15]. Помимо этого, обладая хелатирующим действием, гуминовые вещества способны улучшать адсорбцию микроэлементов необходимых для роста и развития организма. Перечисленные выше эффекты непосредственно скажутся на качестве мышечной ткани. При этом данный факт подтверждается исследованиями Disetlhe ARP et al. (2019) и Akaichi A. et al., (2022) [16, 17].

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что добавление фульвогумата в рацион цыплят-бройлеров может улучшить качественный состав мясной продукции. Увеличение процентного соотношения сухого вещества и белка в мышечной ткани, а также изменения аминокислотного состава, особенно в отношении незаменимых аминокислот, приводят к повышению биологической ценности мясной продукции. Результаты проведенного исследования могут быть использованы с целью оптимизации кормления животных и повышения эффективности производства и качества мясной продукции.

INFLUENCE OF FULVOHUMATE ON THE AMINO ACID COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE OF BROILER CHICKENS

Nechitailo K.S. – PhD of Biological Sciences, researcher (ORCID 0000-0002-8755-414X); **Sizova E.A.** – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-5125-5981).

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences

*k.nechit@mail.ru

ABSTRACT

Currently, an important task is to improve the quality of livestock products. In this context, special attention is paid to the analysis of the biological value of meat products, which directly depends on the composition of protein components. Thus, the purpose of our study was to evaluate the effect of fulvohumate on the amino acid composition of muscle tissue of broiler chickens. It was found that the administration of fulvohumate led to a change in the amino acid composition of muscle tissue. When assessing the profile of essential amino acids, it was revealed that the introduction of fulvohumate led to a statistically significant increase in the amount of leucine and isoleucine by 4.35% ($P \leq 0.05$), valine by 5.19% ($P \leq 0.05$), lysine by 5, 15% ($P \leq 0.05$), phenylalanine by 4.23% ($P \leq 0.05$). The studied supplement led to an increase in the amount of essential amino acids by 3.55% ($P \leq 0.05$) compared to the control group. The introduction of fulvohumate provides an increase in histidine by 6.91% ($P \leq 0.01$) and arginine by 5.68% ($P \leq 0.01$) in comparison with the main diet group. During the study, an amino acid score was established, indicating the effect of fulvohumate on the biological value of the analyzed muscle tissue. The introduction of the supplement contributed to an increase in the rate of phenylalanine by 4.23% ($P \leq 0.05$) and the rate of other essential amino acids, such as: leucine + isoleucine by 4.35% ($P \leq 0.05$), valine by 5.19(P $P \leq 0.05$), lysine by 5.15% ($P \leq 0.05$), histidine by 6.91% ($P \leq 0.01$) in comparison with the main diet group. тThus, these results can be used to optimize animal feeding aimed at improving the quality of livestock products. The introduction of fulvohumate into the diet of broiler chickens helps improve the amino acid composition of muscle tissue, which increases its biological value and can lead to improved quality of meat products.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Adhikari, S. Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications / S. Adhikari, M. Schop I.J.M. de Boer, T. Huppertz // Nutrients. – 2022. – Vol. 14. – No. 5. – P. 947. DOI: 10.3390/nu14050947.
2. Chandel, N.S. Amino Acid Metabolism / N.S. Chandel // Cold Spring Harb Perspect Biol. – 2021. – Vol. 13. – No. 4. – P. 040584. doi: 10.1101/cshperspect. a040584.
3. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome. – 2013. – Vol. 92. – P. 1-66.
4. Аминокислотный и жирнокислотный состав мяса при различных способах и сроках выращивания цыплят-бройлеров / В. И. Фисинин, И. П. Салеева, В. С. Лукашенко [и др.] // Аграрная наука. – 2018. – № 3. – С. 32-36.
5. Peter, W. Emery, Basic metabolism: protein / W. Emery Peter // Surgery (Oxford). – 2012. – Vol. 30. – No. 5. – P. 209-213. doi:10.1016/j.mpsur.2012.02.008.
6. Alfaig, E. Effect of probiotics and thyme essential oil on the essential amino acid content of the broiler chicken meat / E. Alfaig, M. Angelovičova, M. Kral, O. Bučko // Acta Sci Pol Technol Aliment. – 2014. – Vol. 13. – No. 4. – P. 425-432. doi: 10.17306/J.AFS.2014.4.9.
7. Angelovičová, M. The effect of iodine in production of broiler chickens and selected quality indicators of breast muscles / M. Angelovičová, M. Semivanová // Potravinarstvo. – 2013. – Vol. 7. – P. 111-119.
8. Маршания, И. В. Влияние добавки селена на Аминокислотный состав мышечной ткани / И. В. Маршания // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник статей по материалам V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 21 апреля 2021 года / Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 242-245.
9. Feng, P. Effects of fulvic acid on growth performance, serum index, gut microbiota, and metabolites of Xianju yellow chicken / P. Feng, Q. Li, H. Sun, J. Gao, X. Ye, Y. Tao, Y. Tian, P. Wang // Front Nutr. – 2022. – Vol. 9. – P. 963271. doi: 10.3389/fnut.2022.963271.
10. Xiao, G. Effects of fulvic acid addition on laying performance, biochemical indices, and gut microbiota of aged hens/ G. Xiao, S. Liu, X. Yan, Y. Yang, Q. Qi, X. Feng, L. Gong, H. Zhang // Front Vet Sci. – 2022. Vol.– 9. – P. 953564. doi: 10.3389/fvets.2022.953564.
11. Биологические активные добавки для птицеводства на основе гуминовых комплексов (обзор) / К. С. Нечитайло, К. В. Рязанцева, Е. А. Сизова, В. Л. Королев // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, № 1. – С. 94-108. – doi: 10.33284/2658-3135-104-1-94.
12. Maguey-González, J.A. Humic Acids Preparation, Characterization, and Their Potential Adsorption Capacity for Aflatoxin B1 in an In Vitro Poultry Digestive Model / J.A. Maguey-González, M.J. Nava-Ramírez, S. Gómez-Rosales, M.L. Ángeles, B. Solís-Cruz, D. Hernández-Patlán, R. Merino-Guzmán, X. Hernández-Velasco, J.D. Figueroa-Cárdenas, A. Vázquez-Durán, B.M. Hargis, G. Téllez-Isaías, A. Méndez-Albores // Toxins (Basel) . – 2023. – Vol. 15. – No. 2. – P. 83. doi: 10.3390/toxins15020083.
13. Hriciková, S. Humic Substances as a Versatile Intermediary / S. Hriciková, I. Kožárová, N. Hudáková, A. Reitznerová, J. Nagy, S. Marcinčák //Life (Basel). – 2023. – Vol. 13. – No. 4. – P. 858. doi: 10.3390/life13040858.
14. Нечитайло, К. С. Биохимические показатели крови и антиоксидантный статус цыплят-бройлеров при использовании фульвогумата в рационе / К. С. Нечитайло, Е. А. Сизова // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, № 4. – С. 182-192. – doi: 10.33284/2658-3135-104-4-182.
15. Mao, Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative sta-

tus, and immunity of broilers by dietary fulvic acids / Y. Mao // Poult Sci. – 2019. – Vol. 98. – No. 10. – P. 4509-4513. doi: 10.3382/ps/pez281.
16. Akaichi, A. Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens / A. Akaichi, A. Jebali, M. Benlarbi, T. Mahjoub, K. Kaboudi, R.B. Chaouacha-Chekir, Z. Haouas, N. Boudhrioua // Res Vet Sci. – 2022. – Vol. 150. – P. 179-188. doi: 10.1016/j.rvsc.2022.07.001.
17. Disetlhe, A.R.P. Effects of dietary humic acid and enzymes on meat quality and fatty acid profiles of broiler chickens fed canola-based diets / A.R.P. Disetlhe, U. Marume, V. Mlambo, A. Hugo // Asian-Australas J Anim Sci.– 2019. – Vol. 32. – No. 5. – P. 711-720. doi: 10.5713/ajas.18.0408.

REFERENCES

1. Adhikari S, Schop M, de Boer IJM, Huppertz T. Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. Nutrients. 2022 Feb 23;14 (5):947. doi: 10.3390/nu14050947.
2. Chandel NS. Amino Acid Metabolism. Cold Spring Harb Perspect Biol. 2021 Apr 1;13(4):a040584. doi: 10.1101/cshperspect. a040584.
3. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome. 2013; 92:1-66.
4. Amino acid and fatty acid composition of meat under different methods and terms of growing broiler chickens / V. I. Fisinin, I. P. Saleeva, V. S. Lukashenko [etc.] // Agrarian Science. – 2018. – No. 3. – P. 32-36.
5. Peter W. Emery, Basic metabolism: protein, Surgery (Oxford), 2012, 30 (5): 209-213. doi:10.1016/j.mpsur.2012.02.008.
6. Alfaig E, Angelovičova M, Kral M, Bučko O. Effect of probiotics and thyme essential oil on the essential amino acid content of the broiler chicken meat. Acta Sci Pol Technol Aliment. 2014 Oct-Dec;13(4):425-432. doi: 10.17306/J.AFS.2014.4.9.
7. Angelovičová, M., & Semivanová, M. (2013). The effect of iodine in production of broiler chickens and selected quality indicators of breast muscles. Potravinarstvo, 7, 111 -119.
8. Marshania, I. V. The effect of selenium supplementation on the Amino acid composition of muscle tissue / I. V. Marshania // Current problems of ecology and environmental management: collection of articles based on the materials of the V All-Russian (national) scientific and practical conference, Kurgan, April 21, 2021 / Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltseva. – Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after. T.S. Maltseva, 2021. – pp. 242-245.
9. Feng P, Li Q, Sun H, Gao J, Ye X, Tao Y, Tian Y, Wang P. Effects of fulvic acid on growth performance, serum index, gut microbiota, and metabolites of Xianju yellow chicken. Front Nutr. 2022 Aug 5;9:963271. doi: 10.3389/fnut.2022.963271.
10. Xiao G, Liu S, Yan X, Yang Y, Qi Q, Feng X, Gong L, Zhang H. Effects of fulvic acid addition on laying performance, biochemical indices, and gut microbiota of aged hens. Front Vet Sci. 2022 Sep 2;9:953564. doi: 10.3389/fvets.2022.953564.
11. Biological active additives for poultry farming based on humic complexes (review) / K. S. Nechitailo, K. V. Ryazantseva, E. A. Sizova, V. L. Korolev // Animal husbandry and feed production. – 2021. – T. 104, No. 1. – P. 94-108. – doi: 10.33284/2658-3135-104-1-94.
12. Maguey-González JA, Nava-Ramírez MJ, Gómez-Rosales S, Ángeles ML, Solís-Cruz B, Hernández-Patlán D, Merino-Guzmán R, Hernández-Velasco X, Figueroa-Cárdenas JD, Vázquez-Durán A, Hargis BM, Téllez-Isaías G, Méndez-Albores A. Humic Acids Preparation, Characterization, and Their Potential Adsorption Capacity for Aflatoxin B1 in an In Vitro Poultry Digestive Model. Toxins (Basel). 2023 Jan 17;15 (2):83. doi: 10.3390/toxins15020083.
13. Hriciková S, Kožárová I, Hudáková N, Reitznerová A, Nagy J, Marcinčák S. Humic Substances as a Versatile Intermediary. Life (Basel). 2023 Mar 23;13(4):858. doi: 10.3390/life13040858.

14.Nechitailo, K. S. Biochemical blood parameters and antioxidant status of broiler chickens when using fulvohumate in the diet / K. S. Nechitailo, E. A. Sizova // Animal husbandry and feed production. – 2021. – T. 104, No. 4. – P. 182-192. – doi: 10.33284/2658-3135-104-4-182.

15.Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids. Poult Sci. 2019 Oct 1;98(10):4509-4513. doi: 10.3382/ps/pez281.

16.Akaichi A, Jebali A, Benlarbi M, Mahjoub T, Kaboudi K, Chaouacha-Chekir RB, Haouas Z, Boudhrioua N. Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens. Res Vet Sci. 2022 Dec 5;150:179-188. doi: 10.1016/j.rvsc.2022.07.001.

17.Disetlhe ARP, Marume U, Mlambo V, Hugo A. Effects of dietary humic acid and enzymes on meat quality and fatty acid profiles of broiler chickens fed canola-based diets. Asian-Australas J Anim Sci. 2019 May;32(5):711-720. doi: 10.5713/ajas.18.0408.

УДК: 631.155.2:339.13:636
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.171

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ПРОИЗВОДСТВЕ СВИНИНЫ В РОССИИ И В МИРЕ

Зайцев С. Ю.* – д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1533-8680)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр животноводства -
ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

* s.y.zaitsev@mail.ru

***Ключевые слова*:** анализ производства свинины, свиноводство, животноводство, РОССТАТ и ФАО, национальные статистические агентства.

Key words: analysis of pork production, pig farming, livestock farming, ROSSTAT and FAO, national statistical agencies.

Финансирование: *Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант №20-16-00032-П (соглашение №20-16-00032-П от 15.05.2023 г.) https://rscf.ru/project/20-16-00032/.*

Поступила: 10.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Свинина является одним из ключевых элементов «мясного питания» человека и производится в увеличивающихся объемах как в России, так и в мире. Данные по мировому производству свинины (ПрСв), в частности за 2022–2023 гг., по оценкам ФАО (FAOSTAT 122,989–124,668 млн. тонн) и Минсельхоза США (USDA 114,62–116,30 млн. тонн) заметно отличаются, также как и по многим другим странам, за исключением США. Например, производство свинины в Китае, которое составляет почти половину мирового, за 2022–2023 гг. оценивается в 56,340–58,867 млн. тонн (FAOSTAT) и 55,410–56,500 млн. тонн (USDA). Детальная оценка такого рода данных по десятку ведущих стран мира и является главной задачей этого обзора. Важно не только то, что Россия сегодня делит с Бразилией 3-е и 4-е места в мире по производству свинины, но и то, что доля России в мировом объеме производства свинины постоянно увеличивается (с 3,2% до 3,8% с 2018 до 2023 гг.), что свидетельствует об опережающем рост объемов производства свинины в РФ относительно мирового роста. Этот рост, как по поголовью свиней, так и по производству продукции в РФ, в основном (на 92%) обеспечивается «сельскохозяйственными организациями», а доля хозяйств фермеров (крестьянских) и населения составляет в сумме не более 8% (РОССТАТ) в последние годы. Так, в 2023 году «…производство в сельскохозяйственных организациях, по предварительной оценке, выросло на 6,1%....» (Минсельхоз РФ). Этот значительный рост производства свинины является одним из основных двигателей, определяющих положительную динамику во всем отечественном животноводстве.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одно из главных достижений любого государства — это обеспечение страны сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием, что является основой «продовольственной независимости» и, в случае России, отражено в документе «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации» [1], утвержденном Указом Президента Российской Федерации (РФ) «№ 20 от 21.01.2020 г.» [1]. Как следует из этого документа [1]: «продовольственная независимость определяется как уровень самообеспечения в процентах, рассчитываемый как отношение объема отечественного производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия к объему их внутреннего потребления» [1]. Указанная выше доктрина является «документом стратегического планирования, в котором отражены официальные взгляды на цели, задачи и основные направления государственной социально-экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации», где указано «пороговое значение в отношении мяса и мясопродуктов (в пересчете на мясо) — не менее 85%» (стр.7, пункт 9 [1]).

Значительный успех в этой области народного хозяйства [1] декларирован в Постановлении № 455-СФ (Москва 19 октября 2022 года [2]) Совета Федерации Федерального Собрания РФ «О реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [2]: «… Благодаря системным мерам государственной поддержки, предусмотренным этой программой, предприятия АПК демонстрируют значительные успехи по решению задачи обеспечения продовольственной безопасности» [2]. Конкретно сообщается, что «Российская Федерация в 2021 году достигла пороговых значений показателей продовольственной независимости по многим ключевым направлениям (по зерну, сахару, растительному маслу, мясу и мясопродуктам…)» [2]. Последняя позиция, «мясо и мясопродукты (МиМП)» [2], особенно важна для питания человека, т.к. содержит все необходимые биологически активные вещества (белка и аминокислоты, липиды и углеводы, микро-и макроэлементы, ряд витаминов и других веществ [3]) в требуемых пропорциях [3-6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Представленный далее обзор базируется на многочисленных данных не только опубликованных статей и монографий [3-9], но и различных «статистические агентств» и интернет-ресурсов (САИР) «в области производства и потребления свинины в РФ и в мире» [10]: ФАО (FAO, https://www.fao.org); ЕВРОСТАТ (EUROSTAT, https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database); РОССТАТ (ROSSTAT, https://rosstat.gov.ru/statistic); Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (МСХ РФ, https://mcx.gov.ru/en/about/); МСХ США (USDA, https://www.usda.gov), анализ которых и является целью работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Чтобы оценить последние достижения российской свиноводческой отрасли важно, в первую очередь, рассмотреть позитивную динамику и роль России на глобальном рынке «производства свинины» (ПрСв). Существует огромное количество сведений, в том числе - противоречивых данных, в различных средствах информации, включая САИР, о животноводческом рынке (включая ПрСв) как в мире, так и в разных странах. Однако по ПрСв только «ограниченное количество научных публикаций доступно на русском языке» [3-9].

Следует отметить, что информация, содержащаяся в упомянутых публикациях, в основном отражает «общие данные по животноводству и производству продукции свиноводства до 2019 года» [10]. Так, ПрСв в мировом масштабе составляло порядка 85,9/113,0 млн. тонн в 2000/2013 гг., а в России—1,6/2,8 млн. тонн, в эти же годы соответственно [3-9]. Указанные работы [3-9] имеют значительную историческую ценность, а также

важны для оценки динамики «мирового и регионального производства и торговли мясом за длительный срок» и выявления центров роста на примере «значительного увеличения производства мяса в Азии с 1980-х годов» [10]. Это объясняется, в основном, быстрым наращиванием ПрСв в Китайской Народной Республике (КНР), на долю которой «в последние годы приходилось около 60% от всего производства мяса в Азии» [5].

Таблица 1 – Сводные данные о производстве свинины (ПрСв) в России (РФ) и отдельных странах мира (в среднем эквиваленте туш, в тысячах тонн); данные по США*: в тысячах метрических тонн / в тысячах тонн США / в тысячах фунтов

Страны и регионы	2020	2021	2022	2023	01.2024**	04.2024**	2024***
КНР	36340	47500	55410	56500	55200	55950	57940
США*	12893 / 14212 / 28424	12560 / 13845 / 27690	12245 / 13894 / 27788	12384 / 13651 / 27302	12604 13894 / 27788	12660 / 13955 / 27910	12390
Бразилия	4125	4365	4350	4450	4435	4675	4450
Россия	3611	3700	3910	4000	4000	4100	4000
Вьетнам	2930	3112	3313	3555	3686	3690	3550
Канада	2115	2101	2082	2040	2015	2050	2110
Мексика	1451	1484	1530	1557	1600	1590	1560
Южная Корея	1403	1407	1419	1435	1390	1430	1440
Япония	1306	1318	1293	1294	1300	1295	1290
Филиппины	1115	1000	1020	1050	970	1080	1050
Евр.Союз	23219	23615	22277	21500	20700	21150	20830

*Источники: *USDA - Министерство сельского хозяйства США: данные в тысячах метрических тонн (пересчет автора) / в тысячах тонн США (пересчет автора) / в тысячах фунтов из отчетов 2020-2024 гг.); **оценочные данные за 2024 г.; ***последние данные за 2024 г. (https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0113000); ****оценочные данные за январь 2025 г. только по США : 12932 в тысячах метрических тонн / 14255 в тысячах тонн США / 28510 в тысячах фунтов из отчета 2025 г.*

Таблица 2 – Общий объем производства свинины в мире и в отдельных странах в в 2018-2022 гг. (в тысячах тонн)

Год	2018#	2019#	2020#	2021#	2022#	2023#
Мир, сумма	119622	108704	108681	121130	122989	124668
КНР*	54992	43498	42102	53891	56339	58867
США	11943	12543	12845	12560	12852	12391
Бразилия	3227-3951	3150-4126	3117-4482	3193-4898	3431-5186	3711-5299
РФ	3744	3937	4282	4304	4529	4720
Доля РФ в мире	3,13%	3,62%	3,94%	3,55%	3,68%	3,79%

Источники: #ФАО оценочные данные (FAOSTAT, данные опубликованы в 2020-24 гг. https://www.fao.org/faostat/ru/#rankings/commodities_by_country).

Прежде всего стоит отметить разницу в данных по ПрСв в России, приводимых РОССТАТ РФ по годам с 2020 по 2023: 4282, 4304, 4532, 4392 (в тысячах тонн) и таковых МСХ США (табл. 1), которая объясняется разным подходом к учетным характеристикам этой продукции (ПрСв).

Кроме того, данные МСХ США (USDA) по общему объему производства свинины (ПрСв) в мире по годам с 2020 по 2023: 96087, 107984, 114646, 116244 (в тысячах тонн) расходятся с таковыми данными ФАО (FAOSTAT), приведенными ниже в таблице 2.

Важно отметить значительные успехи российского свиноводства и положительную динамику производства свинины в последние десятилетия по сравнению с крупнейшими странами-лидерами по «производству свинины» (ПрСв) (табл. 1 и 2). Как следует из таблицы 1, РФ находится на 4-м месте в мире по объему ПрСв и занимает его и в последние годы. Однако, опираться только на данные МСХ США (USDA), которые использованы в табл. 1, по мнению автора, нельзя, поскольку они существенно расходятся с данными РОССТАТа не только по РФ, но и по другим странам (табл. 1 и 2). Например, данные МСХ США по Китаю (табл. 1) также не совпадают не только с данными РОССТАТа, но и с данными ФАО (табл. 2). По мнению автора, надо в большей степени опираться на данные РОССТАТа и ФАО. По этим данным, Россия сегодня делит с Бразилией 3-е и 4-е места в мире по ПрСв, причем доля России в мировом объеме производства свинины постоянно увеличивается (с 3,2% до 3,8% с 2018 до 2023 гг.), что свидетельствует об опережающем рост объемов ПрСв в РФ относительно мирового роста.

Все последние годы Китай (1-е место) опережает США (2-е место) по объему производства свинины в разы: с 2,8 до 4,6 раз (в 2020-2023 гг.) согласно данным МСХ США (USDA) (табл. 1) или с 4,9 до 5,2 раз (в 2020-2023 годы) согласно данным ФАО (табл. 2). В любом случае доля Китая в мировом объеме ПрСв составляет около половины за последние 10 лет, согласно данным как МСХ США (табл. 1), так и ФАО (табл. 2).

Важно отметить, что данные об общем ПрСв (в миллионах тонн), представленные МСХ США (USDA, 16 января 2024 г.), РОССТАТом (данные опубликованы в 2023 г., стр. 417) и ФАО (FAOSTAT, данные опубликованы в 2023-2024 гг.), практически совпадают только в случае России (табл. 1 и 2). Интересно, что практически совпадают только данные по США за 2020-2023 годы, полученные USDA и ФАО (табл. 1 и 2). Наиболее разнятся данные USDA по Бразилии на 2020-2021 годы составляют 4,125-4,365 миллиона тонн, а по ФАО (данные FAOSTAT, 2023 год) - только 3,193-4,482 и 3,431-4,899 миллиона тонн (табл. 1 и 2).

Главные тенденции, в которых совпадают данные из таблиц 1 и 2: за последние годы в целом наблюдается общий рост объемов ПрСв в РФ, в мире и в отдельных странах. Например, в РФ за эти 8 лет «рост составил 56,7%» (МСХ РФ) Так, ПрСв в РФ в сентябре 2024 года выросло «на 1,4% по сравнению с показателями сентября 2023-го» [10], а в мире - ПрСв «сократится примерно на 0,9% по сравнению с 2023 годом» (https://emeat.ru/novosti/fao-prognoziruet-snizhenie-proizvodstva-svininyi-v-etom-godu).

Считается, что основной вклад в эту тенденцию снижения ПрСв вносит Китай. Так, правительство Китая в последнее время «предприняло усилия по сдерживанию избыточного предложения и поддержанию стабильности цен на внутреннем рынке путем сокращения числа племенных свиноматок и корректировки целевого показателя национального поголовья свиней» (https://emeat.ru/novosti/fao-prognoziruet-snizhenie-proizvodstva-svininyi-v-etom-godu).

Разнонаправленное движение по объемам производства свинины (ПрСв) связано как с объективными обстоятельствами (с «африканской чумой свиней» с пиком в 2018-2019 гг., с «пандемией COVID-19в 2020-2021 гг.» [10]), так и с разными уровнями аналитики МСХ США (табл. 1) и ФАО (табл. 2), которые можно проде-

монстрировать на примере трех уровней аналитики из ежегодных сборников ФАО за 2017-2022 гг.: оценка (ОА); прогноз (ПА); годовая статистика (ГС), а также реальная коррекция (РК), которую автор приводит на основе более поздних данных этих же агентств. Так, объем ПрСв в мире за 2018-2019 гг. (в млн. тонн): 119,766-109,792 (ОА); 120,530-110,095 (ПА); 120,888-109,200 (ГС); 119,622-108,704 (РК) на основе данных ежегодных сборников и текущих отчетов ФАО за 2017-2021 гг. Аналогичные «статистические коррекции» [10] можно найти по каждой отдельной стране и не являются чем-то необычным не только для национальных, но даже для таких крупнейших международных агентств как ФАО. Подобные существенные колебания в общем объеме ПрСв в Китае и США в 2018-2023 гг. приведены выше. Более важно, что, независимо от типа аналитики и статистических агентств, доля России постоянно увеличивается (% от общемировой суммы): 2,95% в 2017; 3,13% в 2018; 3,62% в 2019 ; 3,94% в 2020; 3,55% в 2020; 3,68% в 2022; 3,79% в 2023. Еще более интересные данные по потреблению свинины (ПоСв), импорту (ИмСв), экспорту (ЭкСв), как в мире, так и в отдельных странах в 2022-2023 гг., приводятся ниже в таблице 3.

Таблица 3 – Данные по потреблению свинины (ПоСв), импорту свинины (ИмСв), экспорту свинины (ЭкСв) как в мире, так и в отдельных странах в 2022-2023 гг., тыс. тонн[#]

Страны и регионы	ПоСв		ИмСв		ЭкСв	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
КНР	58701	60366	2470	2549	129	123
США	10246	10099	748	619	2727	2917
Бразилия	3718	3837	3	2	1471	1615
РФ	4350	4393	50	41	222	273
Вьетнам	2986	3121	127	101	21	22
Канада	1115	1202	269	292	1427	1322
Мексика	2759	2833	1334	1344	305	278
Республика Корея	2079	2098	721	708	9	11
Филиппины	1675	1688	496	428	2	2
Евр.Союз	18015	17200	129	103	4388	3723
МИР	121692	122754	11008	10649	11459	11044

Источник: [#]данные ФАО: 2023-2024.

Такие интересные данные по ПоСв, ИмСв, ЭкСв (табл. 3) можно сравнить с данными ПрСв в таблице 2. Например, потребление свинины в мире в 2022-2023 гг. на доли процентов (0,3%-0,5%) ниже, чем общие объемы производства, что является обнадеживающим сигналом в плане удовлетворения потребностей мирового населения в свинине. Этот баланс поддерживается за счет импорта (ИмСв) и экспорта (ЭкСв), которые в мире сбалансированы с небольшим превышение экспорта свинины над импортом в 2022-2023 гг. (табл. 3). Если рассматривать эти данные по континентам и регионам, то превышение общих объемов ПрСв над потреблением свинины (ПоСв) в мире в 2022-2023 гг. в большой степени характерно для Северной и Южной Америки, а также для ЕС. Это соответствует тенденции превышения экспорта свинины над импортом в 2022-2023 гг., что особенно значительно для ЕС – в 34-36 раза; для Северной и Южной Америки – в 4,1-4,6 раза и 3,5-4,1 раза. Если анализировать превышения экспорта свинины над импортом по отдельным странам (в 2022-2023 гг.), то лидером является Бразилия

490-808 раз, для РФ – 4,44-6,66 раза, для Канады – 5,3-4,5 раза, для США – 3,6-4,7 раза и т.д. (табл. 3).

Еще одним подтверждением ключевой роли свиноводства в динамике мирового и отечественного животноводства является увеличение общего количества голов свиней в мире: с 1167,1 млн. голов (2017 г.) до 1257,2 млн. голов (2022 г.) и в основных странах (FAOSTAT, 2023). По данным ФАО (FAOSTAT, 2023). Лидерами являются Китай и Соединенные Штаты Америки с 540,2–559,7 и 109,3–116,6 млн голов свиней в 2020–2021 годах, соответственно (FAOSTAT, 2023). В России в 2020-2021 гг. общее поголовье свиней составляло 46,3-46,4 млн. голов, что больше, чем в такой же период в Бразилии (33,5-34,3 млн. голов) минимум на 26% больше, в случае РФ. Таким образом, Россия уже давно поднялась на 3-е место по этому показателю. Эта тенденция развития свиноводства в РФ подтверждается многочисленными публикациями: «увеличение поголовья свиней за 5 лет на 27,7%, за 10 лет – на 36,1%» [10-13]. В целом, увеличение ПрСв и экспорта являются «основным драйвером роста производства мяса в России» [10]. В этом контексте важно развивать (проводимые в рамках Минобрнауки и МСХ РФ в последние годы) научно-практические исследования в области «генетического совершенствования животных» [14], а также «анализировать молекулярно-генетические механизмы формирования мышц и других органов свиней» [15]. На сегодняшний день одной из ключевых тенденций в свиноводстве является «комплексная автоматизация процессов переработки мяса» [10]; подготовка специалистов для создания «умных мясокомбинатов» [11,16] с технологиями «машинного зрения и робототехники» [11,17] и т.п.

Согласно квартальному отчету Министерства сельского хозяйства США (USDA), опубликованному 23.12.2024 г. (December 23, 2024, NASS USDA https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/rj430453j/8k71qc09p/1z40nm991/hgpg1224.pdf) и сборнику «надежности январских прогнозов» от 10 Января 2025 г. (January 10, 2025, WASDE №656 https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0125.pdf) производство свинины в США увеличивается, тогда как производство мяса других животных уменьшается в разной степени. Это находится в связи с данными USDA по США «о поголовье свиней и опоросах за вторую половину 2024 года и первую половину 2025 года». Предварительные данные опубликованы в декабрьском квартальном отчете «Hogs and Pigs» (NASS USDA https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/rj430453j/8k71qc09p/1z40nm991/hgpg1224.pdf).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, Россия сегодня делит с Бразилией 3-е и 4-е места в мире по производству свинины (ПрСв), причем доля России в мировом объеме постоянно увеличивается (с 3,2% до 3,8% с 2018 до 2023 гг.), что свидетельствует об опережающем рост объемов ПрСв в РФ относительно мирового роста. Для корректного прогноза следует учитывать многочисленные факторы, как объективные, так и субъективные, влияющие на тенденции ПрСв в РФ и мире. Новые возможности открывает расширяющееся производство «органического мяса свиней» для создания функциональных продуктов питания. Тенденцию увеличения ПрСв в РФ желательно «подкреплять» ростом ее экспорта в азиатском регионе. Результаты научно-хозяйственных разработок организаций Минобрнауки РФ и Минсельхоза РФ являются дополнительным резервом для развития свиноводства.

COMPARATIVE DATA ON PORK PRODUCTION IN RUSSIA AND IN THE WORLD

Zaitsev S. Yu. – D.S. in Chemistry, D.S. in Biology, leading researcher (ORCID 0000-0003-1533-8680)

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

* s.y.zaitsev@mail.ru

Funding: *The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, grant No. 20-16-00032-P (agreement No. 20-16-00032-P dated 05.15.2023) https://rscf.ru/project/20-16-00032/.*

ABSTRACT

Pork is one of the key elements of the human "meat diet" and is produced in increasing volumes both in Russia and worldwide. Data on global pork production (WP), in particular for 2022–2023, according to FAO (FAOSTAT 122.989–124.668 million tons) and the US Department of Agriculture (USDA 114.62–116.30 million tons) estimates differ significantly, as do many other countries, with the exception of the USA. For example, pork production in China, which accounts for almost half of the worlds, for 2022–2023 is estimated at 56.340–58.867 million tons (FAOSTAT) and 55.410 –56.500 million tons (USDA). A detailed assessment of such data for the top ten countries in the world is the main objective of this review. It is important not only that Russia today shares 3rd and 4th places in the world in pork production with Brazil, but also that Russia's share in the global pork production volume is constantly increasing (from 3.2% to 3.8% from 2018 to 2023), which indicates that pork production in the Russian Federation is growing faster than global growth. This growth, both in the number of pigs and in the production of products in the Russian Federation, is mainly (92%) provided by "agricultural organizations", and the share of farms (peasant) and the population in total amounts to no more than 8% (ROSSTAT) in recent years. Thus, in 2023, "... production in agricultural organizations, according to preliminary estimates, increased by 6.1% ..." (Ministry of Agriculture of the Russian Federation). This significant growth in pork production is one of the main drivers determining the positive dynamics in all domestic animal husbandry.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20 «*Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации*». Президент России. URL: http://kremlin.ru/acts/bank/45106 (дата обращения: 01.08.2024).
2. Постановление Совета Федерации Федерального Собрания РФ «*О реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации*» от 19 октября 2022 года № 455- СФ. URL: http://council.gov.ru/activity/documents/139304/ (дата обращения: 01.08.2024).
3. Чинаров А.В. *Мясное животноводство России: проблемы и перспективы*. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста; 2017. 161 с.
4. Данкверт С.А., Холманов А.М., Осадчая О.Ю. *Международная торговля мясом и мясными продуктами*. Москва: Экономика; 2021. 544 с.
5. Зайцев С.Ю., Боголюбова Н.В., Молянова Г.В. *Биохимический анализ крови ряда пород свиней и их гибридов.* Москва: Издательство «Сельскохозяйственные технологии»; 2022. 256 с.
6. Шамина О.В. Роль мясного скотоводства в формировании мясного баланса России. *Russian Journal of Management.* 2023;(2):184-190.
7. Чинаров А.В. Методология обоснования стратегии развития мясного животноводства. *Вестник ВНИИМЖ*. 2017;2 (26):85-90.
8. Чинаров В.И. Научное обеспечение реализации Стратегии развития мясного животноводства в Российской Федерации. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2023; (3):2-9.
9. Данкверт С.А., Холманов А.М., Осадчая О.Ю. Свиноводство стран мира в конце XX века. Москва: Экономика; 2004. 131 с.
10. АГРОИНВЕСТОР, аналитика, https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/34912-tri-rekorda-myasnogo-sektora-potreblenie-i-proizvodstvo-myasa-vsekh-vidov-v-2020-godu-uvelichitsya-d/ (дата обращения: 01.08.2024).

11. Ковалев Ю.Я. Свиноводство в России: новая реальность. *Свиноводство*. 2020; (7):20-23.
12. Козырев И.В., Мишугина Т.В., Мителыптейн Т.М., Синичкина А.И. Фабрики, влияющие на качество свинины. Часть 1. Факторы, влияющие на качество свинины. *Все о мясе*. 2020;3:20–26.
13. Козырев И.В., Мишугина Т.В., Мителыптейн Т.М., Синичкина А.И. Фабрики, влияющие на качество свинины. Часть 2. Факторы, влияющие на качество свинины. *Все о мясе*. 2020;4:31-33.
14. Белоус А.А., Сермягин А.А., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А. Изучение генетической архитектуры конверсии корма у хряков (Sus scrofa) породы дюрок на основе полногеномного анализа SNP. *Сельскохозяйственная биология*. 2019;54 (4):705-712.
15. Зиновьева Н. А., Сермягин А.А., Костюнина О.В. (2019). Новая стратегия генетического совершенствования свиней. *Животноводство России*. 2019;(2):15 -17.
16. Осянин Д.Н., Небурчилова Н.Ф., Петрунина И.В. (2019). Основные экспортные возможности и препятствия в мясной отрасли АПК Российской Федерации. *Проблемы прогнозирования*. 2019;174 (3):60-64.
17. Barbut S. Meat Industry 4.0: A Distant Future? *Animal Frontiers*. 2020;10:38–47.

REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation dated January 21, 2020 No. 20 “On approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation”. [Internet]. President of Russia. 2020. [cited 2024 Aug 1]. Available from: http://kremlin.ru/acts/bank/45106
2. Resolution of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation “O realizacii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii” [On the implementation of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation] dated October 19, 2022 No. 455-SF. [Internet]. Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation. 2022. [cited 2024 Aug 1]. Available from: http://council.gov.ru/activity/documents/139304/
3. Chinarov A.V. *Beef livestock farming in Russia: problems and prospects* [Myasnoe zhivotnovodstvo Rossii: problemy i perspektivy]. Dubrovicy: VIZH im. L.K. Ernsta; 2017. 161 p. (In Russ.).
4. Dankvert S.A., Kholmanov A.M., Osadchaya O.Yu. *International trade in meat and meat products* [Mezhdunarodnaya torgovlya myasom i myasnymi produktami]. Moscow: Ekonomika; 2021. 544 p. (In Russ.).
5. Zaitsev S.Yu., Bogolyubova N.V., Molyanova G.V. *Biochemical blood analysis of a number of pig breeds and their hybrids*. Moscow: Publishing House "Agricultural Technologies"; 2022. 256 p. (In Russ.).
6. Shamina O.V. The role of beef cattle breeding in the formation of the meat balance in Russia. *Russian Journal of Management.* 2023;(2):184-190.
7. Chinarov A.V. Methodology of beef cattle breeding strategy development. *Journal of VNIIMZH*. 2017;26(2):85-90.
8. Chinarov A.V. Scientific support for the implementation of the Strategy for the Development of Beef Animal Husbandry in the Russian Federation. *Economics of Agricultural and Processing Enterprises*. 2023;(3):2 -9. (In Russ.).
9. Dankvert S.A., Kholmanov A.M., Osadchaya O.Yu. *Pig breeding in the countries of the world at the end of the twentieth century*. Moscow: Ekonomika; 2004. 131 p. (In Russ.).
10. AGROINVESTOR, analytics, https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/34912-tri-rekorda-myasnogo-sektora-potreblenie-i-proizvodstvo-myasa-vsekh-vidov-v-2020-godu-uvelichitsya-d/ [cited 2024 Aug 1].
11. Kovalev Yu.I. Pig breeding in Russia: a new reality. *Pig breeding*. 2020;(7):20–23. (In Russ.).
12. Kozyrev I.V., Mishugina T.V., Mittelshtein T.M., Sinichkina A.I. Factors affecting the quality of pork. Part 1. *All about meat*. 2020;3:20–26. (In Russ.).
13. Kozyrev I. V., Mishugina T. V., Mittelshtein T. M., Sinichkina A. I. Factors affecting the quality of pork. Part 2. *All about*

meat. 2020;4:31-33. (In Russ.).
14. Belous A.A., Sermyagin A.A., Kostyunina O.V., Brem G., Zinovyeva N.A. Study of the genetic architecture of feed conversion in boars (*Sus Scrofa*) of the Duroc breed based on genome-wide SNP analysis. *Agricultural biology*. 2019;54(4):705-712. (In Russ.).
15. Zinovieva N.A., Sermyagin A.A., Kostyunina O.V. New strategy of genetic improvement of pigs. *Livestock in Russia*. 2019;(2):15-17. (In Russ.).
16. Osyanin D.N., Neburchilo N.F., Petrunina I.V. Main export opportunities and obstacles in the meat industry of the agro-industrial complex of the Russian Federation. *Problems of Forecasting*. 2019;174 (3):60-64. (In Russ.).
17. Barbut S. Meat Industry 4.0: A Distant Future? *Animal Frontiers*. 2020;10:38–47.

УДК: 547.874.14:637.12.074:543.422.3-74
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.180

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОЧЕВИНЫ В МОЛОКЕ – СЫРЬЕ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Калюжная Т.В.* – канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы (ORCID 0000-0002-8682-1840); **Алмакаева Д.С.** – студ. 4 курса факультета ветеринарно-санитарной экспертизы.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*tomagafk087@mail.ru

Ключевые слова: молоко, мочевина, спектрометрия, показатели качества, фальсификация молока.
Keywords: milk, urea, spectrometry, quality indicators, milk adulteration

Поступила: 10.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ
Введение мочевины (карбамида) в состав сырого коровьего молока искусственно увеличивает уровень белка — ключевого параметра оценки качества продукта. Однако традиционные методы анализа, основанные на измерении азотистых соединений, не позволяют отличить естественный белок от добавленной мочевины, что создает риск фальсификации. Для обнаружения мочевины применяется колориметрический метод, регламентированный ГОСТ Р 55282-2012, а также согласно ГОСТ Р 52054-2023 установлена предельная норма содержания мочевины в молоке. Несмотря на точность, эта методика требует значительных временных и трудовых затрат. Исследования проводили поэтапно на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». В качестве объектов анализа использовали образцы сырого молока без мочевины и с ее добавлением в различной концентрации, а также стандартизированный образец мочевины. На первых этапах изучали ИК-спектры проб, после чего анализировали зависимость интенсивности пиков поглощения от концентрации мочевины. Цель работы заключалась в оценке возможности применения ИК-спектрометрии в среднем диапазоне для идентификации карбамида в молоке. В результате исследований выявили корреляцию между уровнем мочевины и характеристиками ИК-спектров. Наиболее значимым результатом стало обнаружение специфической полосы поглощения, характерной исключительно для мочевины. Это позволяет не только количественно оценить ее примесь, но и подтвердить наличие даже при низких концентрациях.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В условиях роста потребления молочной продукции увеличивается риск её фальсификации, особенно в случае молока. Наиболее часто в качестве примесей используют воду, сухое молоко, растительные масла и заменители молочного жира, однако особую проблему представляет добавление мочевины [1; 2].

Мочевина (карбамид) или диамид угольной кислоты— это кристаллическое соединение с высоким содержанием азота (46%), растворимое в полярных средах. Её внесение в сырое молоко искусственно повышает уровень белка — ключевого параметра оценки качества продукта [3;4;5]. Согласно действующим стандартам (ГОСТ 23327-98, ГОСТ 25179-2014), массовая доля белка в молоке должна составлять минимум 2,8%, что так же регламентировано Техническим регламентом ТС 033/2013 и ГОСТ 52054-2003. Однако традиционные методы анализа, включая метод Кьельдаля, определяют общий азот, а не истинный белок, что не позволяет выявить фальсификацию мочевиной.

Для обнаружения карбамида применяется колориметрический метод по ГОСТ Р 55282-2012, кроме того, установлена норма содержания мочевины в сыром молоке ≤40 мг% согласно ГОСТ Р 52054-2023. Однако на практике использование этого метода ограничено из-за необходимости дорогостоящих реактивов, сложного оборудования и длительной подготовки проб [6;7;8].

В связи с этим актуальной задачей остается разработка простых и доступных способов выявления мочевины.

Целью исследования стала оценка возможности применения ИК-спектрометрии в среднем диапазоне для идентификации карбамида в молоке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Работа выполнялась в несколько стадий на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт -Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». В качестве объектов исследования выступили образцы сырого молока, молока с добавлением мочевины, а также эталонный образец карбамида (таблица 1).

На начальном этапе фиксировали фоновый спектр рабочей среды. Затем проводили регистрацию ИК - спектров эталонного образца диамида угольной кислоты (ГК «ЛЮМЭКС», чистота ≥99%). Последующие этапы включали анализ ИК - спектров сырого молока и образцов с введением мочевины в диапазоне концентраций 5–50 мг%.

Для измерений применяли Фурье-ИК спектрометр «ИнфраЛюм ФТ-08» (ГК «ЛЮМЭКС»), оснащенный НПВО-приставкой с кристаллом ZnSe, и программное обеспечение «СпектраЛЮМ». Количественное определение мочевины выполняли колориметрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 55282-2012 с использованием спектрофотометра «UNICO 2800» (UNICO, США).

Таблица 1 – Концентрация мочевины в пробах молока

№ пробы	Компонент	Концентрация мочевины, мг%
1	Молоко + мочевина	5
2	Молоко + мочевина	10
3	Молоко + мочевина	15
4	Молоко + мочевина	20
5	Молоко + мочевина	25
6	Молоко + мочевина	30
7	Молоко + мочевина	35
8	Молоко + мочевина	40
9	Молоко + мочевина	45
10	Молоко + мочевина	50

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате анализа ИК-спектров стандартного образца мочевины выявлены характерные полосы поглощения в диапазоне 1155–3435 $см^{-1}$. Интенсивный пик при 3435 $см^{-1}$ соответствует асимметричным валентным колебаниям NH_2-группы, тогда как пики на 3258 $см^{-1}$ и 3340 $см^{-1}$ связаны с её симметричными колебаниями. Полоса средней интенсивности при 1680 $см^{-1}$ обусловлена деформационными колебаниями NH_2, а полосы в зоне 1617 $см^{-1}$ и 1597 $см^{-1}$ соответствуют валентным колебаниям CO-группы. Слабые пики на 1464 $см^{-1}$ и 1155 $см^{-1}$ относятся к растяжению CN-связи и деформационным колебаниям NH_2 соответственно (Рисунок 1).

ИК-спектр сырого молока демонстрирует полосы, связанные с функциональными группами молочного жира и белков. Например, полоса 723 $см^{-1}$ — деформационные колебания HC=CH (цис-изомер); 1654 $см^{-1}$ и 3006 $см^{-1}$ — валентные колебания HC=CH (цис); 1746 $см^{-1}$ — валентные колебания C=O эфирной группы; 3025 $см^{-1}$ — валентные колебания HC=CH (транс). Пик при 1466 $см^{-1}$ соответствует амидным группам белков, а диапазон 1300–1000 $см^{-1}$ включает колебания C–O эфиров и деформации CH_2-групп (Рисунок 2).

При изучении спектров молока с мочевиной обнаружено, что ключевые полосы поглощения NH_2- и CO-групп мочевины (3435, 1680, 1617 $см^{-1}$) маскируются полосами поглощения молока, что исключает их использование для детекции (Рисунок 3). Однако полоса при 1155 $см^{-1}$, связанная с деформационными колебаниями NH_2, остаётся уникальной: она присутствует в спектре мочевины и не перекрывается полосами молока (Рисунок 4).

Таким образом, экспериментально подтверждено, что полоса 1155 $см^{-1}$ позволяет идентифицировать мочевину в молоке даже при концентрации 40 мг%, соответствующей предельно допустимому уровню согласно нормативам. Это делает спектрометрию в среднем ИК-диапазоне эффективным методом для контроля качества молочной продукции на производстве.

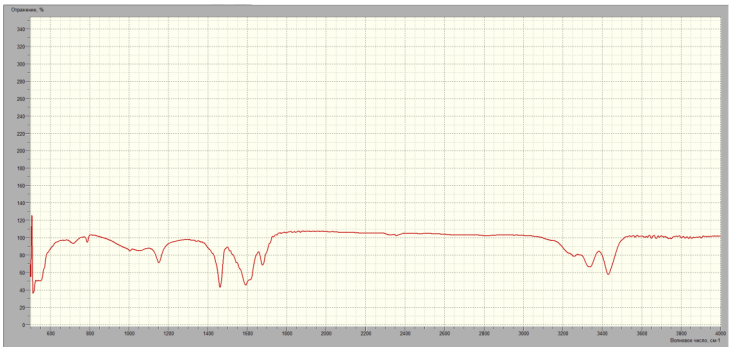


Рисунок 1 – ИК-спектр стандартного образца мочевины.

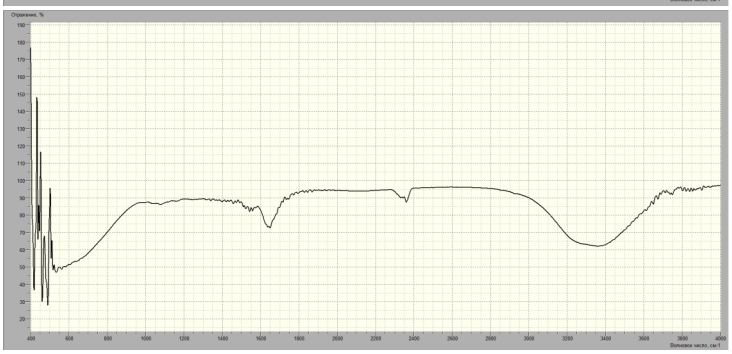


Рисунок 2 – ИК-спектр молока.

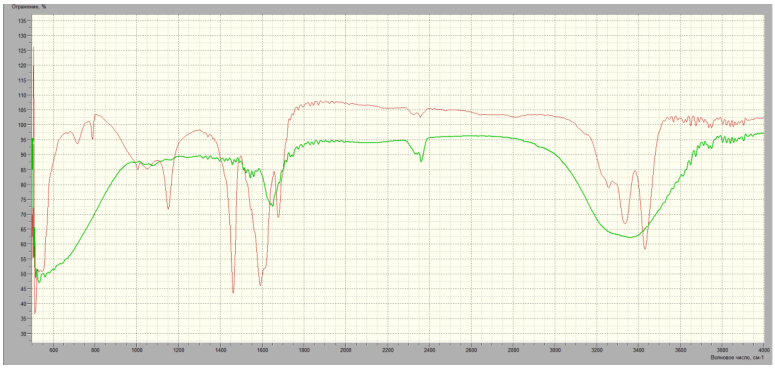


Рисунок 3 – ИК-спектры молока без мочевины и стандартного образца мочевины.

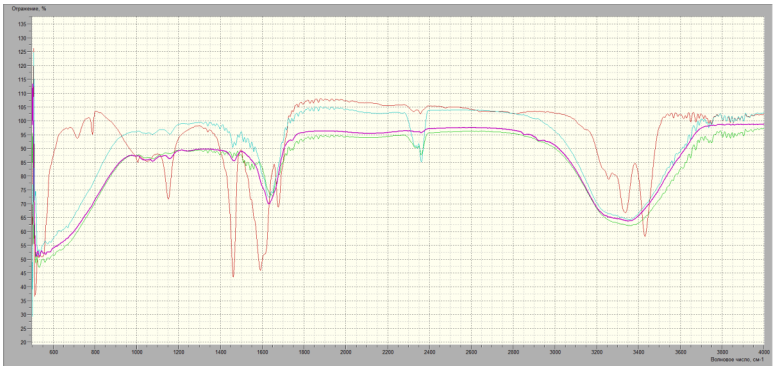


Рисунок 4 – ИК-спектры молока без мочевины, стандартного образца мочевины и молока с различной концентрацией мочевины.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате проведенных исследований установлена корреляция между интенсивностью полос поглощения в ИК-спектрах и концентрацией мочевины в молоке. Ключевым маркером выбрана полоса 1155 $см^{-1}$, которая не перекрывается спектральными полосами поглощения молока и детектируется при 40 мг% мочевины.

Применение ИК-спектрометрии демонстрирует потенциал для замены трудоемких колориметрических методов. Установленные спектральные маркеры мочевины открывают возможности для разработки быстрых и точных систем контроля качества молока, что особенно актуально в условиях борьбы с фальсификацией сырья.

Таким образом, ИК-анализ предлагает эффективное решение для мониторинга безопасности молочной продукции, сохраняя соответствие требованиям ГОСТ.

IDENTIFICATION OF UREA IN RAW MILK BY INFRARED SPECTROMETRY

Kalyuzhnaya T.V.* – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise (ORCHID 0000-0002-8682-1840); **Almakaeva D.S.** – 4th year undergraduate student of the Faculty of Veterinary and Sanitary Expertise.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*tomagafk087@mail.ru

ABSTRACT

The introduction of urea (carbamide) into the composition of raw cow's milk artificially increases the protein level, which is a key parameter for evaluating product quality. However, traditional methods of analysis based on the measurement of nitrogenous compounds do not allow to distinguish natural protein from added urea, which creates a

risk of falsification. To detect urea, the colorimetric method is used, regulated by GOST R 55282-2012, and according to GOST R 52054-2023, the maximum urea content in milk is established. Despite its accuracy, this technique requires significant time and labor costs. The research was conducted in stages on the basis of the Educational and Research Center for Food and Animal Feed Expertise of the St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. Samples of raw milk without urea and with its addition in various concentrations, as well as a standardized urea sample, were used as objects of analysis. At the first stages, the IR spectra of the samples were studied, after which the dependence of the intensity of absorption peaks on the concentration of urea was analyzed. The aim of the work was to evaluate the possibility of using IR spectrometry in the medium range to identify carbamide in milk. As a result of the research, a correlation was found between the level of urea and the characteristics of the IR spectra. The most significant result was the detection of a specific absorption band unique to urea. This allows not only to quantify its impurity, but also to confirm its presence even at low concentrations.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Калюжная, Т. В. Влияние меламина и мочевины на показатели качества молока / Т. В. Калюжная, А. В. Дрозд, П. С. Жмуркина, Д.С. Алмакаева // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 4. – С. 205-210. Режим доступа: https://spbguvm.ru/wp-content/uploads/2024

2. Калюжная, Т. В. Изучение спектральных характеристик меламина для оценки безопасности молока и продуктов его переработки при лабораторном контроле / Т. В. Калюжная, А. В. Дрозд // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 166-171. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68597287

3. Определение мочевины в молоке высокопродуктивных коров - прогностический маркер развития мастита / М. Н. Исакова, М. В. Ряпосова, С. В. Мымрин, У. В. Сивкова // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, № 3. – С. 147-154. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=mogwie&ysclid=m7bkktnag4565873096

4. Об "истинном" белке и содержании мочевины в молоке / Е. А. Дубова, Л. А. Буйлова, Н. Г. Острецова [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 4. – С. 48-49. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yhxahn&ysclid=m7bkmev3q0699291699

5. Шидловская, В. П. К вопросу о содержании мочевины в молоке и методах ее определения / В. П. Шидловская, Е. А. Юрова // Молочная промышленность. – 2012. – № 4. – С. 42-44. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17674969&ysclid=m7bkp1vw9u451419936

6. Самарин Г.Н., Васильев А.Н., Ружьев В.А., Мамахай А.К. Анализ современных способов определения качества молока // Известия Оренбургского ГАУ. 2019. № 5 (79). С. 158-162. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41288906&ysclid=m7bkr0huah867242902

7. Тамахина А.Я. Нормативно-методическая база идентификации коровьего молока // Актуальные проблемы науки и практики: Гатчинские чтения-2020: сборник научных трудов по материалам VII Международной научно-практической конференции. - Гатчина: Изд-во ГИЭФПТ, 2020. - Т. 1. - С. 438-443. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=efaieo&ysclid=m7bkslk1z5329381244

8. Тихонова Н.А. Содержание белка и мочевины как показатель сбалансированности энергии и сырого протеина в корме у лактирующих коров // В сборнике: Материалы региональной научно-практической конференции РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева с международным участием. 2019. С. 32-34. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=qxjabg&ysclid=m7bku9mr2j29911699

REFERENCES

1. Kalyuzhnaya, T. V. The influence of melamine and urea on milk quality indicators / T. V. Kalyuzhnaya, A.V. Drozd, P. S. Zhmurkina, D.S. Almakaeva // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024:4:205-210. URL: https://spbguvm.ru/wp-content/uploads/2024 (In Russ.)
2. Kalyuzhnaya, T. V. Study of the spectral characteristics of melamine for assessing the safety of milk and its processed products during laboratory control / T. V. Kalyuzhnaya, A.V. Drozd // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024:2:166-171. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68597287 (In Russ.)
3. Determination of urea in the milk of highly productive cows is a prognostic marker for the development of mastitis / M. N. Isakova, M. V. Ryaposova, S. V. Mymrin, U. V. Sivkova // Animal husbandry and feed production. 2021:104:3:147-154. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=mogwie&ysclid=m7bkktnag4565873096 (In Russ.)
4. On the "true" protein and urea content in milk / E. A. Dubova, L. A. Buylova, N. G. Ostretsova [et al.] // Dairy industry. 2017:4:48-49. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yhxahn&ysclid=m7bkmev3q0699291699 (In Russ.)
5. Shidlovskaya, V. P. On the issue of urea content in milk and methods of its determination / V. P. Shidlovskaya, E. A. Yurova // Dairy industry. 2012:4:42-44. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17674969&ysclid=m7bkp1vw9u451419936 (In Russ.)
6. 6. Samarin G.N., Vasiliev A.N., Ruzhev V.A., Mamakhai A.K. Analysis of modern methods for determining milk quality // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2019:5(79):158-162. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41288906&ysclid=m7bkr0huah867242902 (In Russ.)
7. Tamakhina A.Ya. Regulatory and methodological framework for identification of cow's milk // Current problems of science and practice: Gatchina Readings 2020: collection of scientific papers based on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference. Gatchina: GIEFPT Publishing House. 2020:1:438-443. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=efaieo&ysclid=m7bkslk1z5329381244 (In Russ.)
8. Tikhonova N.A. Protein and urea content as an indicator of the balance of energy and crude protein in the feed of lactating cows // In the collection: Proceedings of the regional scientific and practical conference of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev with international participation. 2019:32-34. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=qxjabg&ysclid=m7bku9mr2j29911699 (In Russ.).

УДК: 639.371.5.043
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.186

ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИТА AG-C НА РОСТ И ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КАРПА

Килякова Ю.В.* – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биотехнологии животного сырья и аквакультуры (ORCID 0000-0002-2385-264X); **Мирошникова Е.П.** – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биотехнологии животного сырья и аквакультуры (ORCID 0000-0003-3804-5151); **Аринжанов А.Е.** – канд. с-х. наук, доц., доц. каф. биотехнологии животного сырья и аквакультуры (ORCID 0000-0001-6534-7118); **Мингазова М.С.** – асс. каф. биотехнология животного сырья и аквакультуры (ORCID 0000-0002-2818-1312).

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

*fish-ka06@mail.ru

Ключевые слова: *карп, кормление, нанокомпозит серебра, морфологические и биохимические показатели крови, динамика роста, кормовые добавки*.

Key words: *carp, feeding, silver nanocomposite, morphological and biochemical blood parameters, growth dynamics, feed additives*.

Благодарности: *Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-76-10054*

Поступила: 10.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн:26.03.2025



РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты влияния нанокомпозита серебра на рост и показатели крови карпа. В течение восьми недель рыбы опытных групп в качестве кормовой добавки к основному рациону получали Ag-C в дозировках 0,1 ppm и 0,8 ppm. Нанокомпозит серебра оказал отрицательное влияние на рост молоди карпа. К концу эксперимента I группа, получавшая нанокомпозит Ag-C в дозировке 0,1 ppm, отставала в росте от контрольной группы на 48,9 %, а II группа, получавшая нанокомпозит Ag- C в дозировке 0,8 ppm, отставала в росте от контрольной группы на 12,7 %. Снижение количества лейкоцитов и повышение количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, тромбоцитов в I группе свидетельствует об усилении метаболических процессов и окислительно-восстановительных реакций, антибактериальном эффекте серебра, а также указывает на стрессовую реакцию организма на токсическое воздействие. Уровни мочевины, креатинина и мочевой кислоты достоверно превосходили контрольные значения в опытных группах, что связано с активацией процессов снижения токсического влияния серебра на организм карпа. По показателям крови в нашем исследовании виден антибактериальный и токсический эффект серебра. Устраняя болезнетворную микрофлору в организме, нанокомпозит Ag-C также оказывал сильное токсическое воздействие.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Аквакультура во всем мире считается одной из важнейших отраслей производства продуктов питания, как с точки зрения экономической эффективности, так и с точки зрения продовольственной безопасности. Продовольственная безопасность является глобальной проблемой, от которой страдают миллионы людей всех стран. Новейшие технологии аквакультуры могут способствовать решению этой проблемы, повышая доступность и безопасность гидробионтов [1].

Интенсификация при культивировании водных биоресурсов направлена на сокращение времени выращивания и увеличение производительности. Необходимость сосредоточить все физиологические ресурсы живых организмов на повышение показателей приводит к состоянию стресса и делает их чувствительными к различным заболеваниям, не всегда стабильным и благоприятным условиям среды. Эффективным решением этого вопроса ученые всего мира видят в воздействии на организм через кормление. Так, различные кормовые добавки не только сохраняют продуктивность, но и снижают воздействие стресс-факторов на гидробионтах [2].

В качестве кормовых добавок в аквакультуре нашли применение антибиотики, про- и пребиотики, фитобиотики, ферментативные препараты, препараты-ингибиторы кворума сенсинга бактерий, наночастицы металлов [3-5]. Благодаря своему небольшому размеру и высокому соотношению площади поверхности к заряду наночастицы металлов обладают высокой химической активностью и биодоступностью, улучшенными характеристиками, способны вступать в реакции с другими веществами без использования дополнительной энергии [6]. Кроме того, сокращение количества минералов, добавляемых в рацион гидробионтов, позволяет снизить себестоимость корма [7].

В последнее время наночастицы серебра вызывают большой интерес в аквакультуре. Они известны своими антибактериальными, противогрибковыми, противовирусными, противопротозойными, антиоксидантными свойствами. Наночастицы серебра представляют собой альтернативу антибиотикам, способствуют укреплению здоровья и росту [8]. Но следует помнить, что малый размер наночастиц может влиять на их токсичность, вызывая патологические изменения в клетках и тканях организмов [9]. Поэтому необходимо проводить дальнейшие исследования для оценки безопасности и выявления допустимых дозировок при использовании наночастиц серебра в качестве кормовой добавки в рационах гидробионтов.

Цель исследований – оценить влияние нанокомпозита Ag-C на рост и показатели крови карпа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования были проведены на базе кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Объект исследования – сеголетки карпа (*Cyprinus carpio*) навеской 25,0±0,2 г. Карп является одним из самых распространенных объектов рыбоводства в России. Низкая себестоимость посадочного материала, быстрый рост, неприхотливость к условиям обитания дают возможность выращивания этого вида в самых разнообразных хозяйствах во всех рыбоводных зонах. Длительность подготовительного периода – 7 суток, длительность учетного периода – 56 суток.

Методом пар-аналогов были сформированы три группы рыб (n = 15). Схема эксперимента представлена на рисунке 1.

В качестве основного рациона использовался комбикорм «КРК-110» (Россия, г. Оренбург).

Нанокомпозит Ag-C (40-60 нм) представляет собой углеродную матрицу с наночастицами серебра. Нанокомпозит получен плазменно-дуговой технологией синтеза на углеродной матрице в Институте Теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН. Способ синтеза включает распыление в плазме электрического дугового разряда постоянного

тока в атмосфере инертного газа композитного электрода в виде графитового стержня с просверленной полостью, в которую запрессована смесь порошков металла и углерода в виде графита.

Сеголетки карпа содержались в аквариумах объемом 300 литров, оборудованных фильтрами, аэраторами и терморегуляторами. Температура воды поддерживалась на уровне 24±1◦С, содержание кислорода не ниже 5,0-6,0 мг/л, pH 6,5-7,0. Кормление осуществлялось трижды в сутки с равными интервалами. Норма корма в сутки составляла 5 % от массы тела [10].

Для контроля роста сеголеток карпа в ходе исследования еженедельно определялась масса тела. Из показателей крови определялись морфологические (эритроциты, гемоглобин, лейкоциты, гематокрит, тромбоциты, средний объем эритроцитов, индекс распределения эритроцитов) и биохимические (глюкоза, общий белок, альбумин, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, билирубин общий, холестерин, триглицериды, мочевина, креатинин, мочевая кислота, магний, железо, кальций, фосфор). Гематологические исследования проводились по общепринятым методикам [11] в Испытательном центре ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

Обработка результатов исследований проводилась с помощью программы Microsoft Exel. Уровень различий оценивали с помощью критерия достоверности Стьюдента.

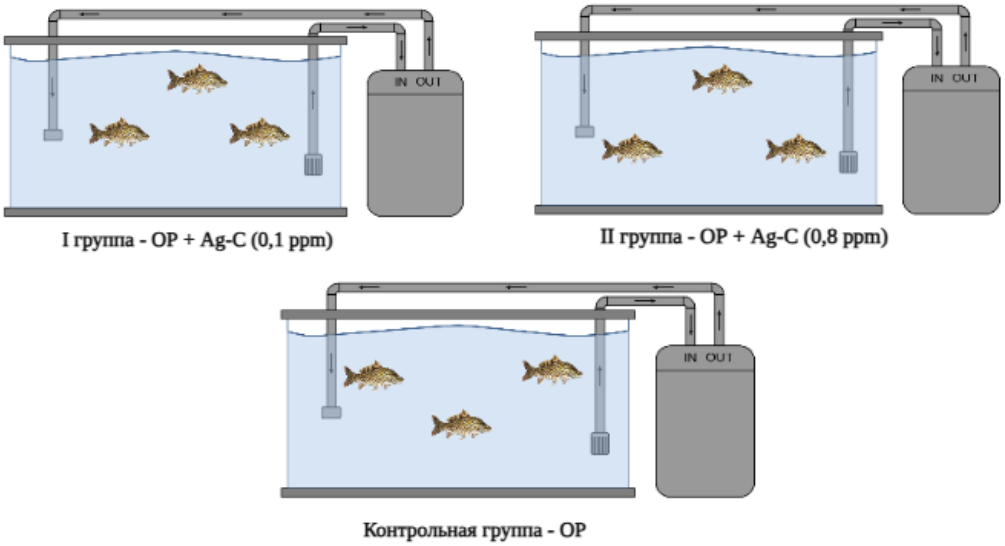


Рисунок 1 – Схема эксперимента.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Важным показателем при учете продуктивности рыб является динамика роста. Чем выше этот показатель, тем выше продуктивность гидробионтов [4]. Динамика прироста живой массы карпа в ходе исследования представлена на рисунке 2.

Анализируя данные по динамике роста сеголеток карпа установлено, что добавление нанокомпозита серебра имело негативное влияние на ростовые показатели. С первой недели эксперимента рыбы опытных групп заметно отставали от контрольной. Такая динамика сохранялась на протяжении всех восьми недель. К концу эксперимента I группа, получавшая нанокомпозит Ag-C в дозировке 0,1 ppm, отставала в росте от контрольной группы на

48,9 %, а II группа, получавшая нанокомпозит Ag-C в дозировке 0,8 ppm, имела не такие значительные отрицательные показатели, но, тем не менее, также отставала в росте от контрольной группы на 12,7 %.

Безопасность кормовой добавки может быть оценена по основным гематологическим показателям как наиболее чувствительным к разнообразным воздействиям. Морфологические показатели карпа представлены в таблице 1, а биохимические – в таблице 2.

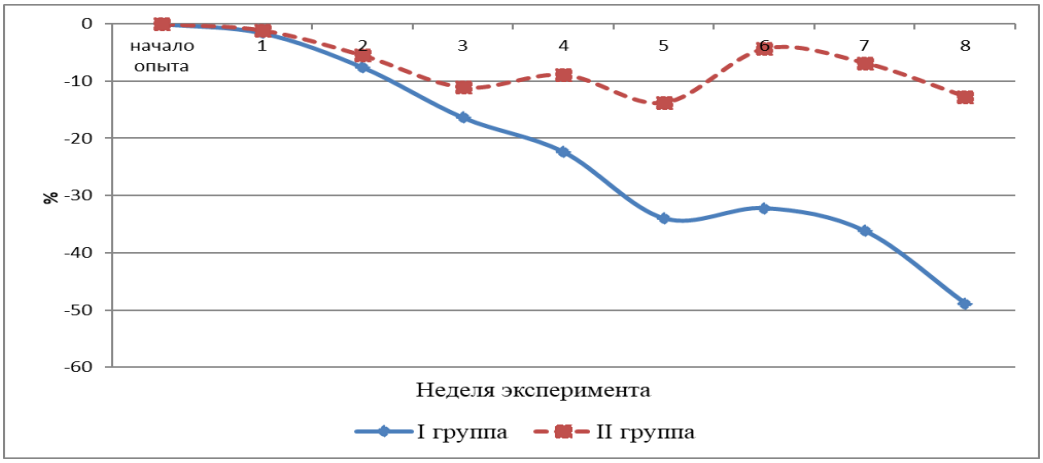


Рисунок 2 – Динамика прироста живой массы карпа с нанокомпозитами Ag по сравнению с контролем, %.

Таблица 1 – Морфологические показатели крови карпа

Показатели	Группа		
	Контроль	I	II
Эритроциты, 10^{12}/л	0,57 ± 0,11	0,88 ± 0,07*	0,48 ± 0,07
Гемоглобин, г/л	116,7 ± 11,06	142 ± 9,0	101,3 ± 9,1
Лейкоциты,10^{9}/л	108,5 ± 5,22	89 ± 4,6 *	88,3 ± 5,55
Гематокрит, %	7,63 ± 0,7	18,2 ± 2,05**	10,87 ± 2,043
Тромбоциты, 10^{9}/л	12,03 ± 1,35	25,43 ± 2,69**	13,07 ± 1,2
Средний объем эритроцитов, %	189,7 ± 10,1	191,9 ± 7,9	202,1 ± 6,8
Индекс распределения эритроцитов, %	42,2 ± 1,9	34 ± 2,5 *	31,2 ± 2,9 **

*Примечание: * - P≤0,05; ** - P≤0,01; *** - P≤0,001.*

Отличия во всех опытных группах по морфологии крови были весьма значительны. Количество эритроцитов превышало контроль на 54,4 % (P≤0,05) в группе, получавшей 0,1 ppm Ag-C. Количество лейкоцитов было заметно ниже в опытных группах по сравнению с контролем, в I группе достоверное снижение на 18 % (P≤0,05). Снижение этого показателя может быть связано с бактерицидными свойствами серебра [7-8], а также указывать на иммуносупрессию [12]. Гематокрит превосходил по своим значениям контроль во всех опытных группах. В группе, получавшей минимальную дозировку нанокомпозита серебра, гематокрит

был достоверно выше контрольных значений на 138,5 % (P≤0,01). Активация окислительно-восстановительных реакций и метаболических процессов наблюдается, в том числе, при повышении количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита [13]. Ахметова В.В. (2015), Nabi N. (2022), Hasan A.M. (2022) такую тенденцию показателей красной крови объясняют следствием стрессовой реакции организма рыб на токсическое воздействие. Аналогичная картина зафиксирована и с тромбоцитами: превышение во всех опытных группах, в I группе – на 111,4 % (P≤0,01). Увеличение количества тромбоцитов происходит при активизации иммунной защиты организма, что особенно важно при воздействии стресс-факторов [17]. Средний объем эритроцитов не имел достоверных отличий от контрольной группы и был в пределах физиологической нормы [4]. Индекс распределения эритроцитов на 19,4 % (P≤0,05) и 26,1 % P≤0,01) зафиксирован ниже контроля в I и II опытных группах соответственно.

Таблица 2 – Биохимические показатели сыворотки крови карпа

Показатели	Группа		
	контроль	I	II
Глюкоза, ммоль/л	5,89 ± 0,485	8,56 ± 1,276*	8,43 ± 1,235*
Общий белок, г/л	23,71 ± 2,03	28,24 ± 2,22	28,36 ± 2,044*
Альбумин, г/л	13,4 ± 1,31	17,12 ± 1,08*	17,31 ± 1,3*
АЛТ, Ед/л	50,87 ± 2,937	50,5 ± 1,808	47,8 ± 2,052
АСТ, Ед/л	241,6 ± 19,67	124 ± 15,92***	132,9 ± 11,6***
Билирубин общий, мкмоль/л	1,9 ± 0,186	1,18 ± 0,185**	2,03 ± 0,151
Холестерин, ммоль/л	2,63 ± 0,427	2,24 ± 0,205	2,92 ± 0,349
Триглицериды, ммоль/л	0,99 ± 0,1	0,89 ± 0,096	1,16 ± 0,111
Мочевина, ммоль/л	1,53 ± 0,153	4,97 ± 0,416***	7,8 ± 0,656***
Креатинин, мкмоль/л	1,04 ± 0,114	1,41 ± 0,08*	1,67 ± 0,11**
Мочевая кислота, мкмоль/л	120,8 ± 8,44	148,8 ± 10,07*	149,9 ± 9,57*
Магний, ммоль/л	3,37 ± 0,252	7,7 ± 0,985**	10,1 ± 2,05**
Железо, мкмоль/л	23 ± 2,7	23,4 ± 2,25	23,3 ± 2,42
Кальций, ммоль/л	2,97 ± 0,28	0,98 ± 0,31**	1,09 ± 0,246**
Фосфор, ммоль/л	2,81 ± 0,185	1,49 ± 0,15**	2,96 ± 0,312

*Примечание: * - P≤0,05; ** - P≤0,01; *** - P≤0,001.*

Глюкоза опытных групп имела достоверные различия с контрольной – выше на 45,3 % *(P≤0,05)* и 43,1 % *(P≤0,05)* в I и II группах соответственно. Уровень глюкозы в крови повышается при возникновении необходимости противостоять неблагоприятным воздействиям и стрессам [18]. В организме карпа наблюдалась активация белкового обмена - общий белок в группах, получавших нанокомпозит серебра, незначительно превосходил контроль. Показатели альбумина достоверно превосходили контрольные значения на 27,8 % *(P≤0,05)* и 29,2 % *(P≤0,05)* соответственно в опытных группах. Активность ферментов аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ), в отличие от предыдущих показателей, снизилась в группах, получавших нанокомпозит серебра. Зафиксировано особенно значительное снижение активности АСТ на 48,5 % *(P≤0,001)* и 45 %

(P≤0,001). Аминотрансферазы являются индикаторами метаболических функций печени и состояния тканей печени. При активном токсическом воздействии на организм для обеспечения барьерной защиты метаболические функции печени поступление в кровь трансаминаз снижалось [9]. Достоверное снижение билирубина наблюдалось в группе, получавшей 0,1 ppm Ag-C (на 37,9 % (*P≤0,01)*). Холестерин и триглицериды незначительно снижались в первой опытной группе и повышались во второй относительно контроля. Достоверное превышение зафиксировано по мочевине – на 224,8 % *(P≤0,001)* и 409,8 % *(P≤0,001)* в группах, получавших в качестве кормовой добавки нанокомпозит серебра. Показатели креатинина и мочевой кислоты также достоверно превосходили контрольные значения в опытных группах. Повышение показателей мочевины, мочевой кислоты и креатинина связано с активацией процессов снижения токсического влияния серебра на организм карпа [7, 8].

Из минеральных соединений зафиксировано значительное превышение магния – на 128,5 % (*P≤0,01)* и 199,7 % (*P≤0,01)* в I и II группах соответственно. В отличие от магния в опытных группах происходило достоверное снижение кальция (на 67 % (*P≤0,01)* и 63,3 % (*P≤0,01)*). Фосфор снизился в первой группе – на 47 % (*P≤0,01)*.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Применение нанокомпозита серебра в аквакультуре может иметь большую экономическую ценность за счет сокращения проблем, связанных с болезнями гидробионтов, повысить выживаемость, улучшить иммунный статус за счет сокращения использования антибиотиков, уменьшения патогенной микрофлоры кишечника, предотвращения окислительных повреждений [1-3, 7-8, 18-20]. Несмотря на то, что нанокомпозит серебра обладает множеством преимуществ, его влияние на живые системы до сих пор спорно. Так, наночастицы серебра оказались токсичными для данио рерио, радужной форели, карпа: повреждали митохондрии, снижали реакции клеточного метаболизма, вызывали некроз печени, жабр [9].

В нашем исследовании использование нанокомпозита серебра в качестве кормовой добавки для молоди карпа привело к угнетению роста и развития рыб. Анализируя показатели крови, виден антибактериальный и токсический эффект серебра. Устраняя болезнетворную микрофлору в организме, нанокомпозит Ag-C также оказывал сильное токсическое воздействие, и все жизненные силы шли на его подавление и активацию защитных функций. Серебро в наноформе в концентрации 0,1 ppm и 0,8 ppm оказалось стресс-фактором для карпа. Исследования в этой области необходимо продолжать для получения дополнительных данных о механизмах действия и долгосрочных эффектах использования нанокомпозитов в аквакультуре.

EFFECT OF AG-C NANOCOMPOSITE ON CARP GROWTH AND BLOOD PARAMETERS

Kilyakova Y.V.* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture (ORCID: 0000-0002-2385-264X); **Miroshnikova E.P.** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture (ORCID: 0000-0003-3804-5151); **Arinzhanov A.E.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture (ORCID: 0000-0001-6534-7118); **Mingazova M.S.** – Assistant of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture (ORCID: 0000-0002-2818-1312).

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orenburg State University”

*fish-ka06@mail.ru

Acknowledgments: *This work was supported by the Russian Science Foundation, project No. 23-76-10054.*

ABSTRACT

The article presents the results of the effect of silver nanocomposite on growth and blood parameters of carp. During eight weeks fish of experimental groups received Ag-C in doses of 0.1 ppm and 0.8 ppm as a feed additive to the main diet. Silver nanocomposite had a negative effect on the growth of juvenile carp. By the end of the experiment, Group I, which received Ag-C nanocomposite at a dosage of 0.1 ppm, was 48.9 % behind the control group in growth, and Group II, which received Ag-C nanocomposite at a dosage of 0.8 ppm, was 12.7 % behind the control group in growth. Decrease in the number of leukocytes and increase in the number of erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, thrombocytes in group I indicates an increase in metabolic processes and redox reactions, antibacterial effect of silver, as well as indicates the stress response of the body to toxic exposure. The levels of urea, creatinine and uric acid significantly exceeded the control values in the experimental groups, which is associated with the activation of the processes of reducing the toxic effect of silver on the body of carp. The antibacterial and toxic effect of silver can be seen from the blood parameters in our study. Eliminating pathogenic microflora in the body, Ag-C nanocomposite also had a strong toxic effect.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Khursheed, S. Biogenic silver nanoparticles: Synthesis, applications and challenges in food sector with special emphasis on aquaculture / S. Khursheed et al. // Food Chem X. – 2023. - Dec 7;20:101051. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.101051.

2. Ажмулдинов, Е.А. Использование наночастиц серебра в кормлении животных и птицы // Е.А. Ажмулдинов, М.А. Кизаев, М.Г. Титов, И.А. Бабичева Вестник Пермского института ФСИН России. - 2019. - № 3 (34). - С. 73-78.

3. Аринжанова, М.С. Биологическое действие ультрадисперсных частиц SiO2, пробиотического препарата Бифидобиом и комплекса микроэлементов на организм карпа / М.С. Аринжанова [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106. – № 1. – С. 48–66.

4. Килякова, Ю.В. Влияние фитобиотических кормовых добавок на рост и морфобиохимические показатели крови рыб / Ю.В. Килякова [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. – Т. 105. – № 3. – С. 115–125.

5. Мирошникова М.С. Применение антибиотиков в сельском хозяйстве и альтернативы их использования / М.С. Мирошникова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 5. – С. 65–70.

6. Лебедева, Т.И. Влияние ветеринарных препаратов на основе наночастиц микроэлементов на здоровье животных и качество продукции // Т.И. Лебедева, И.А. Красочко, П.А. Красочко // Вестник АПК Верхневолжья. - 2021. - № 2 (54). - С. 73-79.

7. Michalak, I. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production livestock animals and poultry / I. Michalak et al. // Vet Q. – 2022. - Dec;42(1):68-94. DOI: 10.1080/01652176.2022.2073399.

8. Khursheed, S. Biogenic silver nanoparticles: Synthesis, applications and challenges in food sector with special emphasis on aquaculture / S. Khursheed et al. // Food Chem X. 2023. - Dec 7;20:101051. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.101051. eCollection 2023 Dec 30.

9. Sharma, N. Behavioural changes, DNA damage and histological alterations in Labeo rohita fingerlings in response to organic-coated silver nanoparticles / N. Sharma et al. // Environ Sci Pollut Res Int. – 2024. - Jul;31(35):47789-47800. DOI:10.1007/s11356-024-34360-0.

10. Мирошникова, Е.П. Практикум по кормлению рыб / Е.П. Мирошникова, М.В. Клычкова, А.Е. Аринжанов. - М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: ОГУ. - 2016. – 127 с.

11. Басонов, О.А. Сравнительная характеристика гематологических показателей осетровых разных генотипов, выращенных в условиях замкнутого водоснабже-

ния / О.А. Басонов, А.В. Судакова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2022. - № 4 (96). - С. 330-334.
12. Крылова, Т.Г. Влияние комбинированного стресса на гематологические показатели карпа (Cyprinus carpio) / Т.Г. Крылова, Д.И. Сафронов, Г.С. Крылов, П.В. Докучаев // Ученые записки учреждения образования УО ВГАВМ. – 2021. – Т.57. - №4. – С. 78-82.
13. Mohammad, A. Impact of polyvinyl chloride microplastic and paraquat herbicide on the blood cells, biochemical parameters, liver enzymes and morphological changes of aqueduct fish / A. Mohammad, H. S. Mohammad, K. Javad // Chemosphere. - 2024. - Aug:362:142643. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.142643.
14. Килякова, Ю.В. Биологическое действие нанокомпозита Zn-C на организм рыб / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, М.С. Мингазова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2024. - № 5 (77). - С. 249-255. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05.
15. Ахметова, В.В. Оценка морфологической и биохимической картины крови карповых рыб, выращиваемых в ООО «Рыбхоз» Ульяновского района Ульяновской области / В.В. Ахметова, С.Б. Басина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. - №3(31). – С. 53-58.
16. Nabi, N. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells / N. Nabi, I. Ahmed, G.B. Wani // Saudi J Biol Sci. – 2022. - Apr;29 (4):2942-2957. DOI: 10.1016/j.sjbs.2022.01.019.
17. Hasan, A.M. Response and recovery of Nile tilapia exposed to diesel oil - Behavioral, hemato-biochemical and morphological changes of erythrocytes / A.M. Hasan, S.R. Ferdous, S.M. Islam, M. Haghiri, M. Shahjahan // Toxicol Rep. – 2022. - Mar 29;9:549-555. DOI:10.1016/j.toxrep.2022.03.039.
18. Silva, C.De. The Mechanistic Action of Biosynthesised Silver Nanoparticles and Its Application in Aquaculture and Livestock Industries / C. De Silva et al. // Animals (Basel). – 2021. - Jul 14;11(7):2097. DOI: 10.3390/ani11072097.
19. Shaalan, M.I. In vitro assessment of the antimicrobial activity of silver and zinc oxide nanoparticles against fish pathogens / M.I. Shaalan, M.M. El-Mahdy, S. Theiner, M. El-Matbouli, M. Saleh // Acta Vet Scand. – 2017. - Jul 21;59(1):49. DOI: 10.1186/s13028-017-0317-9.
20. Kumari, P. Nanotechnology: An avenue for combating fish parasites in aquaculture system / P. Kumari, S. Kumar, R.P. Raman, R.K. Brahmchari // Vet Parasitol. – 2024. - Dec;332:110334. DOI: 10.1016/j.vetpar.2024.110334.

REFERENCES

1. Khursheed, S. Biogenic silver nanoparticles: Synthesis, applications and challenges in food sector with special emphasis on aquaculture / S. Khursheed et al. // Food Chem X. – 2023. - Dec 7;20:101051. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.101051.
2. Azhmuldinov, E.A. Use of silver nanoparticles in animal and poultry feeding // E.A. Azhmuldinov, M.A. Kizaev, M.G. Titov, I.A. Babicheva Bulletin of the Perm Institute of FSIN of Russia. - 2019. - № 3 (34). - Pp. 73-78.
3. Arinzhanova, M.S. Biological effect of ultradisperse SiO2 particles, probiotic preparation Bifidobiom and complex of microelements on the carp organism / M.S. Arinzhanova [et al.] // Animal husbandry and fodder production. - 2023. - T. 106. - № 1. - Pp. 48-66.
4. Kilyakova, Yu.V. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morphobiochemical parameters of fish blood / Yu.V. Kilyakova [et al.] // Animal husbandry and fodder production. - 2022. - T. 105. - № 3. - Pp. 115-125.
5. Miroshnikova, M.S. The use of antibiotics in agriculture and alternatives to their use / M.S. Miroshnikova [et al.] // Agrarny nauchnyi zhurnal. - 2021. - № 5. - Pp. 65-70.

6. Lebedeva, T.I. Effect of veterinary drugs based on nanoparticles of trace elements on animal health and product quality // T.I. Lebedeva, I.A. Krasochko, P.A. Krasochko // Vestnik AIC Verkhnevolzhye. - 2021. - № 2 (54). - Pp. 73-79.
7. Michalak, I. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production livestock animals and poultry / I. Michalak et al. // Vet Q. – 2022. - Dec;42(1):68-94. DOI: 10.1080/01652176.2022.2073399.
8. Khursheed, S. Biogenic silver nanoparticles: Synthesis, applications and challenges in food sector with special emphasis on aquaculture / S. Khursheed et al. // Food Chem X. 2023. - Dec 7;20:101051. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.101051. eCollection 2023 Dec 30.
9. Sharma, N. Behavioural changes, DNA damage and histological alterations in Labeo rohita fingerlings in response to organic-coated silver nanoparticles / N. Sharma et al. // Environ Sci Pollut Res Int. – 2024. - Jul;31(35):47789-47800. DOI:10.1007/s11356-024-34360-0.
10. Miroshnikova, E.P. Practicum on fish feeding / E.P. Miroshnikova, M.V. Klychkova, A.E. Arinzhanov. - Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State University". - Orenburg: OGU. - 2016. - 127 p.
11. Basonov, O.A. Comparative characteristics of hematological parameters of sturgeons of different genotypes grown under conditions of closed water supply / O.A. Basonov, A.V. Sudakova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universitet. - 2022. - № 4 (96). - Pp. 330-334.
12. Krylova, T.G. Influence of combined stress on hematological indices of carp (Cyprinus carpio) / T.G. Krylova, D.I. Safronov, G.S. Krylov, P.V. Dokuchaev // Scientific notes of the educational institution UE VGAVM. - 2021. - T.57. - №4. - Pp. 78-82.
13. Mohammad, A. Impact of polyvinyl chloride microplastic and paraquat herbicide on the blood cells, biochemical parameters, liver enzymes and morphological changes of aqueduct fish / A. Mohammad, H. S. Mohammad, K. Javad // Chemosphere. - 2024. - Aug:362:142643.
14. Kilyakova, Yu.V. Biological effect of nanocomposite Zn-C on fish organism / Yu.V. Kilyakova, E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov, M.S. Mingazova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Science and Higher Professional Education. - 2024. - № 5 (77). - Pp. 249-255.
15. Akhmetova, V.V. Evaluation of morphological and biochemical blood picture of carp fishes grown in LLC "Rybkhoz" of Ulyanovsky district of Ulyanovsk region / V.V. Akhmetova, S.B. Basina // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. Akhmetova, S.B. Basina // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2015. - №3(31). - Pp. 53-58.
16. Nabi, N. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells / N. Nabi, I. Ahmed, G.B. Wani // Saudi J Biol Sci. – 2022. - Apr;29 (4):2942-2957.
17. Hasan, A.M. Response and recovery of Nile tilapia exposed to diesel oil - Behavioral, hemato-biochemical and morphological changes of erythrocytes / A.M. Hasan, S.R. Ferdous, S.M. Islam, M. Haghiri, M. Shahjahan // Toxicol Rep. – 2022. - Mar 29;9:549-555. DOI:10.1016/j.toxrep.2022.03.039.
18. Silva, C.De. The Mechanistic Action of Biosynthesised Silver Nanoparticles and Its Application in Aquaculture and Livestock Industries / C. De Silva et al. // Animals (Basel). – 2021. - Jul 14;11(7):2097.
19. Shaalan, M.I. In vitro assessment of the antimicrobial activity of silver and zinc oxide nanoparticles against fish pathogens / M.I. Shaalan, M.M. El-Mahdy, S. Theiner, M. El-Matbouli, M. Saleh // Acta Vet Scand. – 2017. - Jul 21;59(1):49.
20. Kumari, P. Nanotechnology: An avenue for combating fish parasites in aquaculture system / P. Kumari, S. Kumar, R.P. Raman, R.K. Brahmchari // Vet Parasitol. – 2024. - Dec;332:110334.

УДК: 619:615.9
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.195

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ГАЛЛУАСОРБ»

Тарасова Е.Ю.* – канд. биол. наук, вед. науч. сотр., зав. лабораторией ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Сайфутдинов А.М.** – канд. хим. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7098-0767); **Матросова Л.Е. –** д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-7428-7882); **Танасева С.А.** – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1295-6184); **Ерохондина М.А.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-6971-1618); **Мухамметшина А.Г. –** мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-3272-2329).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

* evgenechka1885@gmail.com

***Ключевые слова*:** *кормовая добавка, галлуазит, микотоксины, стабильность, безвредность, качество.*

***Keywords*:** *feed additive, halloysite, mycotoxins, stability, harmlessness, quality.*

Поступила: 25.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Микотоксины (метаболиты токсигенных изолятов микроскопических грибов) повсеместно присутствуют в кормах для животных и продовольственном сырьДля регистрации кормовых добавок формируется определенный пакет документов, составляющих регистрационное досье, которое включает оценку результатов токсикологических исследований и безопасности применения, а также сохранение заявленных химико-физических, микробиологических и биологических свойств в определенных границах в течение установленного срока годности (т.е. исследование стабильности). Цель исследований - оценка стабильности комплексной кормовой добавки «Галлуасорб» на основе природного наноматериала галлуазита, глюканов растительного происхождения, метионина, шрота расторопши. Испытание 3 партий кормовой добавки «Галлуасорб» на соответствие требованиям технических условий ТУ 10.91.10-008-00492374-2024 проводили в начале хранения и через 3, 6, 9 и 12 месяцев. Испытания осуществляли на образцах кормовой добавки, расфасованных в пакеты из крафт-бумаги с прямоугольным дном объемом 1 $дм^3$, которые хранили в сухом помещении, исключая воздействия света, при температуре не более +25 °С и влажности не более 60 %. В процессе хранения оценивали показатели качества (внешний вид, массовая доля влаги и золы) и безопасности (токсичность, содержание патогенных микроорганизмов и токсичных элементов), подлинность. В результате эксперимента установлено, что в течение 12 месяцев хранения «Галлуасорб» по показателям качества и безопасности соответствует требованиям технических условий. При соблюдении условий хранения стабильность заявленных качественных показателей сохраняется. Регистрировали увеличение влажности адсорбента, не превышающей установленного норматива. Изменений физико-химических свойств не регистрировали также при воздействии температуры 115 °С в течение 10 минут.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Микотоксины (метаболиты токсигенных изолятов микроскопических грибов) повсеместно присутствуют в кормах для животных и продовольственном сырье [1-5]. Опасность микотоксинов заключается в их высокой токсичности, снижении молочной, мясной и яичной продуктивности при длительном воздействии [6-10]. Поиск безопасных и высокоэффективных подходов к детоксикации микотоксинов остается актуальным направлением. На практике популярным методом детоксикации микотоксинов является использование адсорбирующих материалов [11-13]. При поиске эффективного адсорбента микотоксинов необходимо учитывать полярность, растворимость, электрофильность микотоксинов и физико-химические свойства сорбента. Особое место занимают исследования по созданию кормовых добавок полифункционального действия, которые способны подавлять или уменьшать абсорбцию, стимулировать выведение микотоксинов или изменять механизм их действия [13-15].

Нами разработана кормовая добавка «Галлуасорб», обладающая сорбционными, антиоксидантными, иммуностимулирующими, гепатопротекторными свойствами. «Галлуасорб» применяется в качестве средства профилактики микотоксикозов сельскохозяйственных животных, в том числе и при сочетанных токсикозах. В составе кормовой добавки отечественные ингредиенты (природный наноматериал галлуазит, шрот расторопши, глюканы растительного происхождения, метионин).

Для внедрения в производство новых лекарственных препаратов и кормовых добавок необходимо пройти государственную регистрацию с представлением регистрационного досье, в том числе и отчета о стабильности (способность сохранять физико-химические, биологические и микробиологические свойства в процессе хранения). Оценка стабильности позволяет получить данные о возможных изменениях показателей качества под влиянием факторов окружающей среды (высокая и низкая температура, влажность, действие солнечных лучей и т.д.).

Целью исследований являлась оценка стабильности кормовой добавки «Галлуасорб» в процессе хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Изучение стабильности кормовой добавки «Галлуасорб» проводили в лабораториях микотоксинов и ветеринарной санитарии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» в соответствии с ОФС.1.1.0009.18 Стабильность и срок годности лекарственных средств. Термостабильность кормовой добавки «Галлуасорб» оценивали по сохранению физико-химических свойств (массовая доля влаги и золы) после воздействия температуры 115 °С в течение 10 минут.

Изучение стабильности кормовой добавки «Галлуасорб» проводили на 3 партиях в течение 12 месяцев. Испытания осуществляли на образцах, расфасованных в пакеты из крафт-бумаги с прямоугольным дном объемом 1 $дм^3$, которые хранили в сухом помещении, исключая воздействие света, при температуре не более +25 °С и влажности не более 60 %. До начала эксперимента и через 3, 6, 9 и 12 месяцев проводили анализ кормовой добавки. Визуально определяли внешний вид, цвет, наличие посторонних примесей и механических включений. Массовую долю влаги, золы, общую токсичность, наличие патогенных микроорганизмов, содержание ртути, кадмия, свинца, мышьяка в исследуемой кормовой добавке оценивали согласно требованиям действующих нормативных документов.

РЕЗУЛЬТАТЫ/RESULTS

Предварительно была разработана программа испытаний стабильности, установлены условия и сроки экспериментального хранения, а также контролируемые показатели качества и безопасности.

Оценка качества и безопасности кормовой добавки, проведенная в соответствии с ТУ 10.91.10-008-00492374-2024, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества и безопасности кормовой добавки «Галлуасорб»

Показатель	Характеристика и норма
Внешний вид и цвет	Порошок светло-бежевого цвета
Механические включения и посторонние примеси	Не допускаются
Массовая доля влаги, %, не более	15
Массовая доля золы, %, не более	50
Общая токсичность	Не токсичен
Наличие патогенных микроорганизмов	Не допускается
Содержание токсичных элементов, мг/кг, не более:	
ртуть	0,05
кадмий	0,2
свинец	2
мышьяк	0,5

Таблица 2 – Результаты исследований физико-химических свойств «Галлуасорба» в процессе хранения

Показатель	Точки контроля во времени				
	0 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Массовая доля влаги, %	2,10±0,01	2,23±0,01	2,54±0,01	2,71±0,01	2,84±0,01
Массовая доля золы, %	46,95±0,01	47,70±0,01	48,00±0,01	48,60±0,01	48,90±0,01

Качество, терапевтическая и профилактическая эффективность, безопасность препаратов напрямую зависит от их способности сохранять свойства в пределах установленных требований технических условий в течение определенного срока при соответствующих условиях хранения.

За период проведения эксперимента качественные показатели кормовой добавки «Галлуасорб» соответствовали требованиям нормативной документации. Используемая упаковка обеспечивала защиту от повреждений и потерь, сохранность и неизменяемость свойств. В течение всего срока испытаний (экспозиция 12 месяцев) изменений внешнего вида не наблюдалось. «Галлуасорб» оставался рассыпчатым порошком, слеживания и комкования не происходило, наличия посторонних примесей не наблюдали.

Физико-химические показатели «Галлуасорба», определяемые в процессе хранения представлены в таблице 2.

Массовая доля влаги в начале эксперимента составила 2,10±0,01 %. В течение 12 месяцев хранения массовая доля влаги увеличилась на 35,3 %. Однако полученный результат вписывался в норматив и был намного ниже требований технических условий, что обеспечивало высокую сыпучесть кормовой добавки. За 12 месяцев эксперимента массовая доля золы увеличилась на 4,15 %.

В связи с наличием в составе кормовой добавки «Галлуасорб» минеральных наполнителей в нормативной документации были представлены методы контроля безопасности по содержанию токсичных элементов. Содержание мышьяка, свинца, ртути и кадмия в течение всего периода наблюдений не превышало установленный норматив. Массовая доля мышьяка, свинца, ртути и кадмия составила менее 0,001; 0,1; 0,0025 и 0,1 мг/кг, соответственно.

Не регистрировали достоверных изменений физико-химических свойств при

воздействии температуры 115 °С в течение 10 минут (массовая доля влаги и золы составили 2,05±0,01 и 45,89±0,01 соответственно), что не выходило за границы показателей, представленных в технических условиях.

Микробиологический анализ всех исследуемых образцов кормовой добавки показал отсутствие патогенных микроорганизмов. Изменений жизнеспособности и выживаемости инфузорий Paramecium caudatum, токсическое воздействие на белых мышей и кроликов при тестировании исследуемых образцов «Галлуасорба» не регистрировали.

Учитывая «дактилоскопические» возможности применения метода ИК спектроскопии, его использовали для определения подлинности и стабильности. Каждый из компонентов препарата имеет свои характеристичные полосы поглощения в инфракрасной области. Их композиция образует спектр, который будет своеобразным «отпечатком пальцев» для определенного состава данной смеси. Изменение состава и содержания отдельных компонентов приведет к изменению вида «отпечатка пальцев» и будет говорить об изменении состава и/или содержания.

Были зарегистрированы ИК спектры кормовой добавки «Галлуасорб» сразу же после приготовления (образец Г0) и спустя год после приготовления (образец Г1). Также, в момент приготовления был снят ИК спектр галлуазита (образец ГГ), для отнесения основных пиков в ИК спектрах образцов кормовой добавки с входящими в её состав компонентами. На рис. 1 в сравнении приведены спектры образцов Г0 и ГГ. Учитывая высокое содержание в составе «Галлуасорб» галлуазита, основное поглощение в ИК спектре образца Г0 соответствует колебательным процессам минеральной матрицы последнего. Однако, идентифицируются и остальные компоненты кормовой добавки.

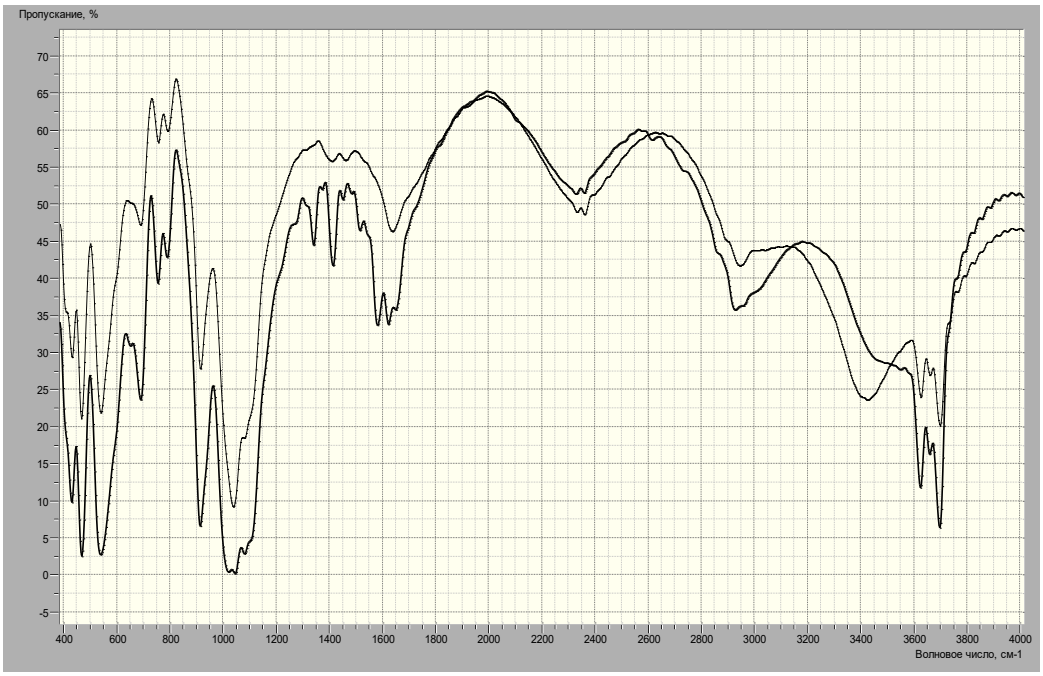


Рисунок 1 – ИК спектр галлуазита (образец ГГ, тонкая линия) и «Галлуасорб» (образец Г0, полужирная линия).

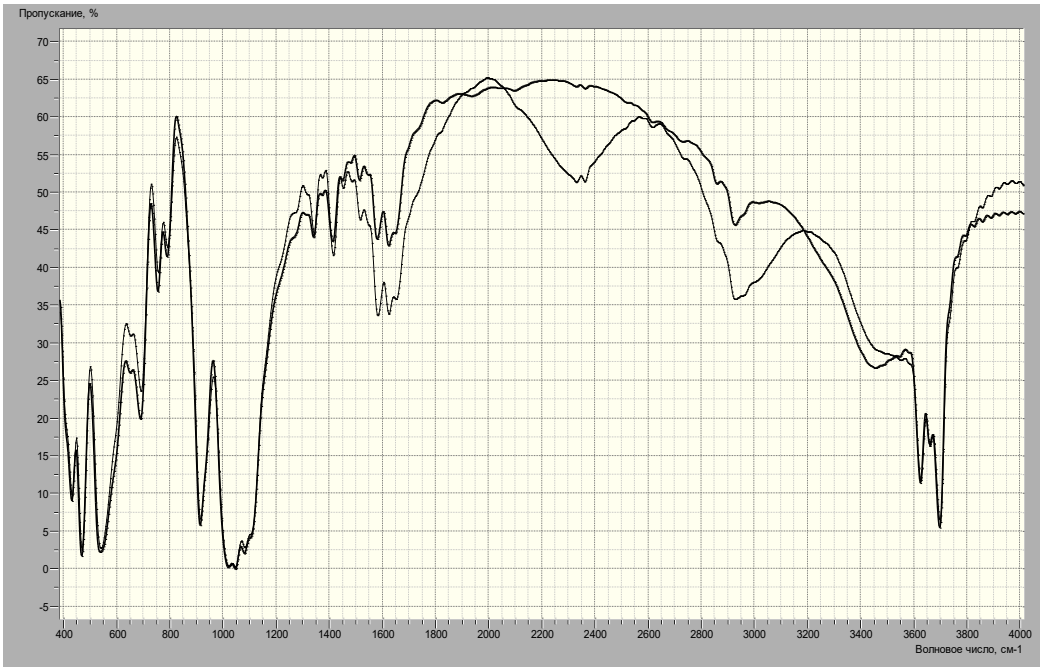


Рисунок 2 – ИК спектры «Галлуасорб» сразу после приготовления (образец Г0, тонкая линия) и спустя 12 мес. после приготовления (образец Г1, полужирная линия).

У β-глюканов многие наиболее интенсивные полосы поглощения сливаются с аналогичными для галлуазита, хотя некоторая разница в спектрах проявляется. Так интенсивный дублет в районе 1000-1050 $см^{-1}$ присутствующий в ИК спектре β-глюканов присутствует и у «Галлуасорба», хотя у исходного галлуазита здесь только одиночный сигнал при 1048 $см^{-1}$. Ряд менее интенсивных сигналов в ИК спектре β-глюканов в диапазоне 1300-1500 $см^{-1}$ также проявляется и в ИК спектре «Галлуасорба». У галлуазита здесь только дублет 1400 и 1450 $см^{-1}$. Отдельно стоящий уширенный пик при ~1650 $см^{-1}$ в спектре β-глюканов накладывается с сигналом при 1640 $см^{-1}$ галлуазита и выходит у него на плече в спектре кормовой добавки.

Содержащийся в шроте расторопши Силимарин (комплекс флаволигнанов) проявляется в ИК спектре «Галлуасорб» двумя пиками. Первый при 1076 $см^{-1}$ находится на плече дублета 1000-1050 $см^{-1}$ и в сравнении с исходным пиком из галлуазита его максимум интенсивнее. Второй при 2931 $см^{-1}$, он накладывается на максимум поглощения в галлуазите при 2950 $см^{-1}$.

Метионин в ИК спектре «Галлуасорба» дает ряд сигналов: 1400, 1515, 1530, 1575 $см^{-1}$. Из-за его низкого содержания в составе кормовой добавки интенсивность данных сигналов также небольшая.

Сопоставление ИК спектров «Галлуасорба», полученных сразу после приготовления и спустя 12 месяцев после приготовления (рис. 2.), показывает стабильность состава смеси. Положение основных максимумов поглощения и их интенсивность с течением времени не претерпела существенных изменений. Смещение максимумов поглощения не превысило ±5 $см^{-1}$, а изменение интенсивности основных максимумов лежит в пределах ±5 %.

В процессе хранения количественное

содержание компонентов кормовой добавки не изменяется.

ВЫВОДЫ/CONCLUSION

В результате проведённых исследований установлено, что кормовая добавка «Галлуасорб» в течение 12 месяцев хранения по показателям качества, содержанию действующих веществ и безопасности соответствует требованиям нормативной документации. Сопоставление ИК спектров «Галлуасорба», полученных сразу после приготовления и спустя 12 месяцев после приготовления, показывает стабильность состава смеси.

EVALUATION OF THE STABILITY OF THE FEED ADDITIVE "GALLUASORB"

Tarasova E.Yu.* – Candidate of Biological Sciences, leading Researcher, head of the laboratory of veterinary sanitation (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Saifutdinov A.M.** – Candidate of chemical sciences, leading Researcher, (ORCID 0000-0002-7098-0767), **Matrosova L.E. –** Doctor of biology, leading Researcher (ORCID 0000-0001-7428-7882), **Tanaseva S.A.** – Candidate of Biological Sciences, leading Researcher (ORCID 0000-0003-1295-6184), **Erokhondina M.A.** – junior researcher (ORCID 0000-0001-6971-1618), **Mukhammetshina A.G. –** junior researcher (ORCID 0000-0002-3272-2329)

* evgenechka1885@gmail.com

ABSTRACT

Mycotoxins (metabolites of toxigenic isolates of microscopic fungi) are ubiquitous in animal feed and food raw materials.To register feed additives, a specific package of documents is generated, which constitute a registration dossier, which includes an assessment of the results of toxicological studies and safety of use, as well as the preservation of the declared chemical-physical, microbiological and biological properties within certain limits during the established shelf life (i.e. stability study). The purpose of the research is to assess the stability of the complex feed additive "Galluasorb" based on the natural nanomaterial halloysite, glucans of plant origin, methionine, milk thistle meal. Testing of 3 batches of the feed additive "Galluasorb" for compliance with the requirements of technical specifications TU 10.91.10-008-00492374-2024 was carried out at the beginning of storage and after 3, 6, 9 and 12 months. The tests were carried out on samples of the feed additive packaged in kraft paper bags with a rectangular bottom with a volume of 1 dm3, which were stored in a dry room, excluding exposure to light, at a temperature of no more than +25 °C and a humidity of no more than 60%. During storage, the quality (appearance, mass fraction of moisture and ash) and safety (toxicity, content of pathogenic microorganisms and toxic elements) and authenticity indicators were assessed. As a result of the experiment, it was established that during 12 months of storage, Galluasorb complies with the requirements of technical conditions in terms of quality and safety indicators. When the storage conditions are observed, the stability of the declared quality indicators is preserved. An increase in the humidity of the adsorbent was recorded, not exceeding the established standard. Changes in the physicochemical properties were also not recorded when exposed to a temperature of 115 °C for 10 minutes.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Грибы рода Aspergillus – возбудители болезней животных и птиц: монография / Р. М. Потехина, Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова [и др.]. Казань: Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 2020. 121 с.

2. Тремасов, М. Я. Опыт применения пробиотика при микотоксикозах / М. Я. Тремасов, Л. Е. Матросова, Е. Ю. Тарасова // Вестник ветеринарии. – 2009. – № 3(50). – С. 38-41.

3. Полевой случай трансмиссии дезоксиниваленола в органы сельскохозяйственной птицы / Н. Н. Мишина, А. З. Мухарлямова, Э. Р. Рахметова [и др.] // Проблемы медицинской микологии. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 105.

4. Оценка профилактического действия

сыворотки при микотоксикозе с учетом морфометрических особенностей гепатоцитов крыс / Г. С. Кашеваров, К. В. Юсупова, В. Р. Саитов [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2024. – № 2(27). – С. 110-120.
5. Smolentsev, S.Yu. Toxicological monitoring of toxic chemicals in the soil and animal feed in the republic of Mari El / S. Yu. Smolentsev, I.N. Polikarpov, R.Kh. Ravilov [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. - Т. 9. - № 1. - P. 840-844.
6. Towards potential antifungal agents: synthesis, supramolecular self-assembly and in vitro activity of azole mono-, sesqui- and diterpenoids / A. Akhmedov, R. Gamirov, Yu. Panina [et al.] // Organic & Biomolecular Chemistry. – 2023. – Vol. 21, No. 23. – P. 4863-4873.
7. Воздействие микотоксина Т-2 на окислительное повреждение головного мозга на фоне введения антиоксиданта / Ф.Р. Вафин, Э.И. Семенов, А.Ф. Хасиятуллин [и др.] // Проблемы медицинской микологии. - 2024. - Т. 26. - №2. - С. 95.
8. Вертипрахов, В.Г. Содержание Т-2 и НТ-2 токсинов, активность ферментов в кишечнике и гематологический статус цыплят-бройлеров (gallus gallus l.) при экспериментальном Т-2 токсикозе / В.Г. Вертипрахов, А.А. Грозина, Н.Н. Гогина [и др.] // Сельскохозяйственная биология. - 2021. - Т. 56. - № 4. - С. 682-694.
9. Герунов, Т.В. Сочетанное действие микотоксинов и эприномектина как фактор риска иммуносупрессии у свиней / Т.В. Герунов, В.И. Герунов, Ю.Н. Фёдоров [и др.] // Ветеринарный врач. - 2023. - №6. - С. 4-9.
10. Халикова, К.Ф. Патулинотоксикоз: распространение, опасность, профилактика / К.Ф. Халикова, А.М. Тремасова // Ветеринарный врач. - 2006. - № 2. - С. 15-17.
11. Мишина, Н.Н. Профилактическая эффективность лигнин- и полисахаридсодержащих энтеросорбентов при сочетанном Т-2 и афлатоксикозе : специальность 16.00.04 : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Мишина Наиля Нариановна. – Казань, 2008. – 162 с.
12. Капитонова, Е.А. Влияние нового адсорбента микотоксинов на мясную продуктивность цыплят-бройлеров / Е.А. Капитонова / Международный вестник ветеринарии. - 2021. - № 3. - С.121-125.
13. Определение хронической токсичности профилактического средства «Цеапитокс» / К.В. Перфилова, Э.И. Семенов, Л.Е. Матросова [и др.]. // Ветеринарный врач. – 2021. - № 4. - С. 50-57.
14. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса цыплят-бройлеров при использовании в кормах четырехкомпонентного сорбента на фоне микотоксикоза / Н.Н. Мишина, Э.И. Семенов, А.В. Маланьев [и др.] // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. - 2023.- № 2 (46). - С. 174-179.
15. Нанотрубки галлуазита - новое эффективное средство для борьбы с микотоксикозами / Е.Ю. Тарасова, Э.И. Семенов, Л.Е. Матросова, М.И. Канин // Научная жизнь. – 2020. - Т. 15. - № 4 (104). - С. 561 -571.

REFERENCES

1. Fungi of the genus Aspergillus – causative agents of animal and bird diseases: monograph / R. M. Potekhina, E. Yu. Kazan: Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 2020. – 121 p.
2. Tremasov, M. Ya. Experience of using a probiotic for mycotoxicosis / M. Ya. Tremasov, L. E. Matrosova, E. Yu. Tarasova // Veterinary Bulletin. – 2009. – No. 3(50). – pp. 38-41.
3. Field case of transmission of deoxynivalenol into the organs of agricultural poultry / N. N. Mishina, A. Z. Mukharlyamova, E. R. Rakhmetova [et al.] // Problems of Medical Mycology. - 2020. - Vol. 22, No. 3. - P. 105.
4. Evaluation of the prophylactic effect of serum in mycotoxicosis taking into account the morphometric features of rat hepatocytes / G. S. Kashevarov, K. V. Yusupova, V. R. Saitov [et al.] // Veterinary Pharmacological Bulletin. - 2024. - No. 2 (27). - P. 110-120.

5. Smolentsev, S.Yu. Toxicological monitoring of toxic chemicals in the soil and animal feed in the republic of MARI EL / S. Yu. Smolentsev, I.N. Polikarpov, R.Kh. Ravilov [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. - Vol. 9. - № 1. - P. 840-844.
6. Towards potential antifungal agents: synthesis, supramolecular self-assembly and in vitro activity of azole mono-, sesqui- and diterpenoids / A. Akhmedov, R. Gamirov, Yu. Panina [et al.] // Organic & Biomolecular Chemistry. – 2023. – Vol. 21, No. 23. – P. 4863-4873.
7. The effect of mycotoxin T-2 on oxidative damage to the brain against the background of the introduction of an antioxidant / F.R. Vafin [et al.] // Problems of Medical Mycology. - 2024. - Vol. 26. - № 2. - P. 95.
8. Vertiprakhov, V.G. Content of T-2 and HT-2 toxins, enzyme activity in the intestine and hematological status of broiler chickens (gallus gallus l.) in experimental T-2 toxicosis / V.G. Vertiprakhov, A.A. Grozina, N.N. Gogina [et al.] // Agricultural biology. - 2021. - Vol. 56. - № 4. - P. 682-694.
9. Gerunov, T.V. Combined action of mycotoxins and eprinomectin as a risk factor for immunosuppression in pigs / TV Gerunov, VI Gerunov, Yu.N. Fedorov [et al.] // Veterinary doctor. - 2023. - № 6. - P. 4 -9.
10. Khalikova, K.F. Patulinotoxicosis: distribution, danger, prevention / K.F. Khalikova, A.M. Tremasova // Veterinary doctor. - 2006. - № 2. - P. 15-17.
11. Mishina, N.N. Preventive efficacy of lignin- and polysaccharide-containing enterosorbents in combined T-2 and aflatoxicosis: specialty 16.00.04: dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Mishina Nailya Narimanovna. - Kazan, 2008. - 162 p.
12. Kapitonova, E.A. Effect of a new mycotoxin adsorbent on meat productivity of broiler chickens / E.A. Kapitonova / International Veterinary Bulletin. - 2021. - № 3. - P.121-125.
13. Determination of chronic toxicity of the prophylactic agent "Ceapitox" / K.V. Perfilova, E.I. Semenov, L.E. Matrosova [et al.]. // Veterinary doctor. - 2021. - № 4. - P. 50-57.
14. Veterinary and sanitary examination of broiler chicken meat when using a four-component sorbent in feed against the background of mycotoxicosis / N.N. Mishina, E.I. Semenov, A.V. Malaniev [et al.] // Russian journal Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. - 2023.- № 2 (46). - P. 174-179.
15. Halloysite nanotubes - a new effective tool for combating mycotoxicoses / E.Yu. Tarasova, E.I. Semenov, L.E. Matrosova, M.I. Kanin // Scientific life. - 2020. - Vol. 15. - № 4 (104). - P. 561-571.

УДК: 636.5.033; 159.91; 616.074
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.203

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И КОРРЕКЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Галкина Е.А.* – соискатель, асс. каф. физиологии, этологии и биохимии животных (ORCID 0000-0003-3824-2577); **Мурадян Е.А.** – асс. каф. физиологии, этологии и биохимии животных (ORCID 0009-0007-9287-9153); **Вертипрахов В.Г.** – д-р биол. наук, зав. каф. физиологии, этологии и биохимии животных (ORCID 0000-0002-3240-7636)

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

*galkina.e@granit-concern.ru

Ключевые слова: *тепловой стресс, активность трипсина, биомаркер, цыплята-бройлеры.*

Key words: *heat stress, trypsin activity, biomarker, broiler chickens.*

Поступила: 28.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В настоящее время, помимо традиционных методов в птицеводстве, начали использовать волновые технологии, основанные на воздействии слабых электромагнитных полей на птиц. Исследования проводили на 80 цыплятах-бройлерах кросса «Смена 9» в учебно-производственном птичнике и лаборатории физиологии питания РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024 году. В условиях теплового стресса изучали физиологический статус и зоотехнические показатели птицы. В качестве метода повышения метаболизма и повышения продуктивности использовали аппарат неинвазивной электромагнитной терапии «ТОР» (производитель АО «Концерн ГРАНИТ»). Результаты исследований показали, что прирост живой массы за период опыта (35 суток) у цыплят-бройлеров опытной группы был выше на 19,5% ($p<0.05$), что можно объяснить более высоким обменом веществ в организме опытных цыплят, поскольку у них значительно возрастало потребление корма (на 7,3%). Усвоение питательных веществ было выше, поскольку затраты на 1 кг прироста живой массы в опытной группе ниже на 10,2% по сравнению с контрольной группой. Это было связано с усилением процессов пищеварения, при этом активность трипсина возрастала в опытной группе на 24,4% ($p<0, 05$) по сравнению с контрольной группой. Активность трипсина в сыворотке крови имела тенденцию к повышению на 10,9%, общий белок увеличился на 8,9% ($p<0,05$), что указывало на усиление скорости белкового обмена в сторону ассимиляции. Следовательно, многогранная роль трипсина в организме может выполнять роль биомаркера в диагностике стрессового состояния организма животных и корректироваться с помощью разных методов, в том, числе электромагнитного излучения.

ВВЕДЕНИЕ/ INTRODUCTION

Птицеводство – одна из самых динамично развивающихся отраслей сельского хозяйства [1]. Особенности производственного цикла и высокая интенсивность выращивания бройлеров обусловливают возникновение ряда проблем: высокая скученность при содержании птицы, возникновение стресса, нарушение пищеварительных и обменных процессов. Решение этих проблем призвано повысить продуктивность мясного птицеводства, улучшить качество мяса и условия жизни бройлеров, чего можно достичь только при непрерывном усовершенствовании процессов и введении новых высокотехнологичных методов при содержании птицы.

В настоящее время, помимо традиционных методов в птицеводстве, начали использовать волновые технологии, основанные на воздействии слабых электромагнитных полей на птиц [2]. Высокопродуктивную птицу помещают в электромагнитное поле, создаваемое как естественными, так и искусственными источниками. Важно отметить, что в процессе эволюции у птиц развился определенный уровень активности физиологических и биохимических процессов, который зависит от воздействия природных электромагнитных полей [3]. Исследования показали, что обработка животных электромагнитными импульсами с помощью различных устройств безопасна и не вызывает нежелательных побочных эффектов [4].

Рост и развитие птицы в значительной степени зависят от её пищеварительной системы, которая играет ключевую роль в обмене веществ. Это, в свою очередь, влияет на здоровье птицы, эффективность использования корма и скорость набора живой массы, что имеет важное значение для экономики птицеводства. Для повышения эффективности мясного производства необходимо объединить генетический потенциал птицы с научным подходом к развитию её пищеварительной системы.

Наиболее показательным методом оценки пищеварительной системы продуктивных животных являются фистульные технологии. Основной гидролиз питательных веществ происходит в тонком кишечнике, следовательно, расположение фистулы на восходящем колене двенадцатиперстной кишки, в месте впадения панкреатических и желчных протоков, является наиболее информативным местом получения кишечного содержимого (химуса) для оценки ферментативной активности [5]. Фермент поджелудочной железы трипсин, поступая в кровь, выполняет гормоноподобную функцию [6], участвуя в регуляции метаболизма [7,8], артериального давления [9], снижает воспалительную реакцию [10]. Установлена корреляция между трипсином и щелочной фосфатазой, кальцием и фосфором в биологических жидкостях, что позволяет считать данный фермент биологическим маркером. Целью данного исследования было изучение влияния теплового стресса при выращивании цыплят-бройлеров на прирост массы и физиологические показатели, поиски нового биомаркера стрессовой реакции организма в виде трипсина и коррекция метаболизма птицы с использованием электромагнитного излучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования выполняли в учебно-производственном птичнике РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева и лаборатории физиологии РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024 году. Объектом исследования являлось 80 цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» (Gallus gallus L.) в возрасте 1-35 суток.

Эксперименты проводились в соответствии с нормами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в исследованиях и для научных целей (ETS 123, Страсбург, 1986). Исследователи и персонал руководствовались требованиями гуманного отношения к животным, при хирургических манипуляциях применялись седативные и обезболивающие средства.

Цыплята были разделены на две груп-

пы, контрольную и опытную, случайным отбором, и рассажены в 2 брудера по 40 голов в каждом.

Для воздействия на цыплят опытной группы использовали аппарат неинвазивной электромагнитной терапии «ТОР» (производитель АО «Концерн ГРАНИТ»). Принцип обработки был основан на слабом неионизирующем нетепловом ЭМИ, непрерывно генерируемом высоковольтными импульсами амплитудой 5–8 кВ, которые способны воздействовать на pH изотонических растворов на дистанции до 700 м [11]. Частота импульсов составляла 100–150 Гц. Каждый волновой пакет с крутыми прямоугольными фронтами содержал частотные моды, кратные 25 кГц. Рабочая мощность прибора не превышала 80 Ватт, то есть была меньше мощности стандартной лампы накаливания в помещениях [12]. Воздействие на птицу производилось Аппаратом «ТОР», установленным на штатив на расстоянии 2 м от клетки с птицей с использованием спектра «Росток+». Обработку птицы осуществляли на протяжении всего периода выращивания в следующем режиме: 1-21 сутки - 3 мин - направленное воздействие электромагнитных излучений (ЭМИ), затем 57 мин — перерыв в течении 12 ч с 08.00 до 20.00; 22-35 сутки – 3 мин воздействие/27 мин перерыв в течении 12 ч с 08.00 до 20.00. Среднее расстояние от аппарата до цыплят опытной группы составляло не менее 1,5–2,0 м, при этом контрольная группа находилась вне зоны действия прибора.

С 1-суточного до 7- суточного возраста цыплята содержались в брудерах Оптима Цифра с терморегулятором, производитель компания «Подворье» (Киров, ул. Филатова, 34 корпус Б), на сетчатом полу, при температуре внутри брудера 30℃, влажности 65 %. Световой режим составлял: 1-4 сутки – 1 час темноты/23 часа освещения; 5-7 сутки – 2 часа темноты/22 часа освещения.

В 8-суточном возрасте цыплята были пересажены в клетки с сетчатым полом. Температурный режим: 8-14 дни - 28 ℃; 15-21 дни - 26℃. При норме 22 ℃. Влажность: 70 %. Световой режим: 7-8 дни – 3 часа темноты/21 час освещения; 9-14 сутки – 4 часа темноты/20 часов освещения; 15-21 сутки – 12 часов темноты/12 часов освещения.

В 22-суточном возрасте каждая группа была разделена на две части по массе, по 10 голов цыплят наименьшей массы от каждой группы было переведено в отдельное помещение. Температурный режим составлял: 22-35 дни – 24℃; 36-42 дни – 22℃. При норме – 20 ℃. Влажность: 70 %. Световой режим: 22-35 сутки – 8 часов темноты/16 часов освещения;36 -42 сутки – 4 часа темноты/20 часов освещения.

Фистульные птицы после хирургической операции были переведены в индивидуальные клетки. Температурный режим: 22-42 сутки – 24℃. При норме 20℃. Влажность: 70 %. Световой режим: дневное освещение.

Кормление цыплят осуществлялось кормами производства ООО «Агроцентр» (Московская область, городской округ Истра, посёлок станции Холщёвики, территория Истра-Хлебопродукт, с1). Корм для обеих групп (контрольной и опытной) был одинаковым, кормление производилось одновременно и в одинаковом объеме. Фистульные цыплята не кормились накануне проведения операции и в день операции.

Корм ПРЕСТАРТ ПК-5 для молодняка бройлеров 0-14 дней, ГОСТ 18221-2018. Состав: пшеница, кукуруза, масло растительное, шрот соевый, лизин, метионин, треонин, валин, соль, монокальцийфосфат, известняковая мука, премикс (витамины и микроэлементы для молодняка бройлеров).

Корм СТАРТ ПК-5 для молодняка бройлеров 1-4 недели. Состав: пшеница, кукуруза, шрот соевый, жмых подсолнечный, масло растительное, белковый концентрат, лизин, метионин, треонин, соль поваренная, монокальцийфосфат, известняковая мука, сода пищевая, комплексная кормовая добавка для молодняка бройлеров (витамины + микроэлементы).

Корм РОСТ ПК-6 для молодняка брой-

леров старше 5 недель. Состав: пшеница, кукуруза, жмых подсолнечный, шрот подсолнечный, глютеновый кукурузный корм, масло растительное, белковый концентрат, мучка пшеничная, лизин, метионин, треонин, соль поваренная, монокальцийфосфат, известняковая мука, сода пищевая, комплексная кормовая добавка для бройлеров (витамины + микроэлементы).

Доступ к воде был свободный.

Взвешивание птицы проводилось на 1, 4, 8, 12 (выборочное), 15, 18 (выборочное), 21, 29, 31 (фистульные птицы), 35 (выборочное), 41,43 (фистульные птицы) сутки. Для взвешивания цыплят в возрасте 1-7 суток использовались весы Aceline RT-40 (Китай): предел взвешивания макс 5 кг, точность 1 г. Для взвешивания цыплят в возрасте 8-43 суток использовались порционные весы МИДЛ серии «Базар 2у Н» (Россия): предел взвешивания макс 30 кг, мин 100 г, точность 5/10 г.

С целью учета съеденного корма перед выдачей порция корма взвешивалась отдельно для каждой клетки.

Хирургические операции проводили на 10 цыплятах контрольной группы и 10 цыплятах опытной группы в возрасте 20-22 суток, вживляя канюлю напротив впадения панкреатических и желчных протоков в кишечник, согласно авторской методике (Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Кислова И.В., Кощеева М.В., 2019) [5]. В течение суток после операции птицу не кормили, а затем переходили на нормированное кормление, отслеживая прохождение химуса через кишечник. Швы снимались на пятые сутки.

Биохимическое исследование крови проводилось на 18, 29, 35 сутки по 10 голов каждой группы. Взятие крови проводилось из подкрыльцовой вены, предварительно перья на месте процедуры удалялись, кожа обрабатывалась ватным тампоном со спиртом. Использовались инъекционные иглы размера 21G, 0,8X40 мм. Для сбора крови использовались пробирки с активатором свертывания 13х100 мм 6мл (VacPlus, Китай). Сыворотка центрифугировалась на центрифуге Eppendorf MiniSpin plus для микропробирок 1,5/2,0 мл (Германия) при 5000 об/мин в течение 5 минут.

Биохимические показатели крови: содержание кальция, фосфора и общего белка, глюкозы, активность трипсина, щелочной фосфатазы, амилазы, липазы, уровень холестерина и триглицеридов определяли в ~~плазме~~ сыворотке крови.

Для определения трипсина, щелочной фосфатазы, амилазы, кальция, фосфора использовался полуавтоматический биохимический анализатор Biochem SA (США), реактивы High Technology, в соответствии с инструкцией анализатора для различных показателей.

Для определения липазы использовался полуавтоматический биохимический анализатор BS-3000M (Китай), реактивы ДиаВетТест (Россия), в соответствии с инструкцией анализатора для различных показателей.

Для определения глюкозы, мочевой кислоты, общего белка, триглицеридов, холестерина, щелочной фосфатазы в крови использовался автоматический биохимический анализатор HTI BioChem FC-120 (США), реактивы High Technology, в соответствии с инструкцией анализатора.

Биохимическое исследование химуса, полученного через фистулу, проводилось на 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 сутки.

Взятие химуса проводилось дважды в день по 1 мл через фистулу: утром через 1 час после кормления, затем через 2 часа после кормления. Содержимое центрифугировалось на центрифуге Eppendorf MiniSpin plus для микропробирок 1,5/2,0 мл (Германия) при 5000 об/мин в течение 5 минут, надосадочная жидкость сразу же исследовалась.

В качестве показателей для биохимического исследования были взяты: трипсин, щелочная фосфатаза, амилаза, липаза, кальций, фосфор.

Для определения трипсина, щелочной фосфатазы, амилазы, кальций, фосфор использовался полуавтоматический биохимический анализатор Biochem SA

(США), реактивы High Technology, в соответствии с инструкцией анализатора для различных показателей. Активность трипсина определяли по методу Вертипрахова, Грозиной (2018) [13].

Для определения липазы использовался полуавтоматический биохимический анализатор BS-3000M (Китай), реактивы ДиаВетТест (Россия), в соответствии с инструкцией анализатора для различных показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ/RESULTS

Экспериментальные данные показали, что повышенная температура и влажность в помещении при выращивании цыплят-бройлеров негативно сказалась на продуктивности птицы (табл.1).

Результаты исследований показали, что цыплята-бройлеры опытной группы опережали контрольных на 19,5% ($p<0.05$), что можно объяснить более высоким обменом веществ в организме опытных цыплят, поскольку у них значительно возрастало потребление корма (на 7,3%). Усвоение питательных веществ было выше, поскольку затраты на 1 кг прироста живой массы в опытной группе ниже на 10,2% по сравнению с контрольной группой.

Результаты активности трипсина в дуоденальном содержимом у цыплят-бройлеров показали, что по активности фермента в сложнорефлекторную фазу регуляции пищеварительной функции наблюдались различия (рис 1).

Таблица 1 – Результаты прироста живой массы цыплят-бройлеров

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Сохранность поголовья, %	100,0	100,0
Средняя живая масса цыплят-бройлеров в 35-суточном возрасте, г	1795±24,5	2146±38,9*
В % к контролю	100,0	119,5
Среднесуточный прирост, г	52,8	63,1
Потребление корма на 1 гол., кг	3,16	3,39
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,760	1,580

*Примечание: * различия между опытной и контрольной группой достоверны при $p<0.05$, здесь и далее*

Экспериментальные данные показали, что активность трипсина в порции дуоденального химуса, полученного через 60 минут после кормления в опытной группе выше на 24,4% по сравнению с контрольной группой. Эта фаза пищеварения регулируется при участии нервных механизмов и обусловлена раздражением рецепторов в ротовой полости и условными сигналами, связанными с приемом корма. Вторая фаза (120 минут после кормления) обусловлена поступлением содержимого желудка в кишечник и регулируется гормонами (секретином и холецистокинином), которые образуются под влиянием кислого содержимого желудка в слизистой оболочке кишечника. Следовательно, тепловой стресс оказывает негативное влияние на активность трипсина в кишечнике и это угнетает процесс пищеварения. Это подтверждается данными литературы [14].

Для определения состояния метаболизма были выполнены биохимические исследования крови, данные представлены в табл.2.

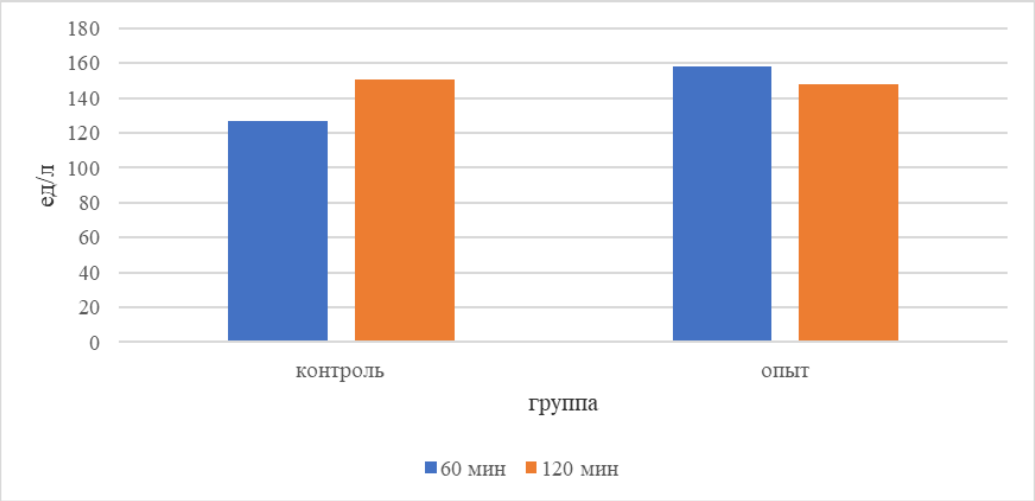


Рисунок 1 – Активность трипсина в дуоденальном содержимом цыплят-бройлеров при получении химуса через 60 и 120 минут после кормления.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови у цыплят-бройлеров, содержащихся при повышенной температуре в помещении

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Активность трипсина, ед/л	55±7,0	61±5,8
Активность амилазы, ед/л	880±82,9	653±88,0*
Активность щелочной фосфатазы, ед/л	811±85,5	340±54,3*
Содержание глюкозы, ммоль/л	11,8±0,36	11,3±0,39
Общий белок, г/л	35,8±1,55	39±0,39*
Мочевая кислота, мкмоль/л	94±18,5	118±21,0
Триглицериды, ммоль/л	0,35±0,015	0,27±0,040
Холестерин, ммоль/л	4,2±0,21	4,5±0,20
Кальций, ммоль/л	2,5±0,04	2,5±0,02
Фосфор, ммоль/л	1,5±0,19	1,5±0,12

Из данных таблицы видно, что активность амилазы в сыворотке крови цыплят -бройлеров снизилась в опытный период на 25,8% ($p<0.05$), щелочной фосфатазы – на 58,1%($p<0.05$), активность трипсина имеет тенденцию к повышению на 10,9%, общий белок увеличился на 8,9% ($p<0.05$) по сравнению с контрольной группой. Изменение активности амилазы связано, по-видимому, с увеличением активности протеаз. Щелочная фосфатаза увеличивается при разрушении клеток кишечника, печени, костной ткани, в данном случае процессы направлены в сторону анаболизма. Увеличение общего белка можно объяснить активизацией обменных процессов, поскольку эти белки обеспечивают процессы жизнедеятельности в организме животных. Следовательно, биохимический статус согласуется с зоотехническими и физиологическими показателями, которые указывают на повышение обменных процессов при воздействии на организм бройлеров электромагнитным

излучением в условиях теплового стресса.

ВЫВОДЫ/CONCLUSIONS

Полученные результаты позволяют сделать следующий вывод:

В условиях теплового стресса воздействие на цыплят-бройлеров электромагнитным излучением оказывает положительное воздействие на метаболизм: птица потребляет лучше корм, увеличивается эффективность его усвоения, что способствует повышению прироста живой массы и среднесуточного прироста.

При воздействии электромагнитным излучением повышается ферментативный процесс в тонком кишечнике за счет увеличения активности трипсина на 24,4% в сложнорефлекторную фазу регуляции пищеварения у птицы, что обусловлено нервными механизмами регуляции под влиянием электромагнитных волн.

Биохимический статус цыплят-бройлеров изменяется в сторону анаболизма при активации процессов парасимпатической нервной системы на что указывает повышение активности трипсина в дуоденальном содержимом и тенденции его увеличения в сыворотке крови. Следовательно, многогранная роль трипсина в организме может выполнять роль биомаркера в диагностике стрессового состояния организма животных и корректироваться с помощью разных методов, в том, числе электромагнитного излучения.

A BIOMARKER FOR STRESS IN BROILER CHICKENS

Galkina E.A. * **–** Assistant of the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals, the applicant (ORCID 0000-0003-3824-2577); **Muradyan E.A. –** Assistant of the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals (ORCID 0009-0007-9287-9153); **Vertiprakhov V.G. –** Doctor of Biology, Head of the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals (ORCID 0000-0002-3240-7636)

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

*galkina.e@granit-concern.ru

ABSTRACT

Currently, in addition to traditional methods in poultry farming, they have begun to use wave technologies based on the effect of weak electromagnetic fields on birds. Studies were carried out on 80 broiler chickens of the cross “Change 9” in the educational and production poultry house and laboratory of nutritional physiology of K.A. Timiryazev Russian State Academy of Agriculture named after K.A. Timiryazev in 2024. Physiological status and zootechnical indicators of poultry were studied under heat stress conditions. Non-invasive electromagnetic therapy device “TOR” (manufacturer “Concern GRANIT” JSC) was used as a method to increase metabolism and productivity. The results of research showed that the live weight gain for the period of experience (35 days) in broiler chickens of the experimental group was higher by 19.5% ($p<0.05$), which can be explained by a higher metabolism in the body of experimental chickens, because they significantly increased feed intake (by 7.3%). Nutrient assimilation was higher as the cost per 1 kg of live weight gain in the experimental group was lower by 10.2% compared to the control group. This was due to the strengthening of digestive processes, with trypsin activity increasing in the experimental group by 24.4% ($p<0,05$) compared to the control group. Trypsin activity in blood serum tended to increase by 10.9%, total protein increased by 8.9% ($p<0,05$), indicating an increase in the rate of protein metabolism towards assimilation. Consequently, the multifaceted role of trypsin in the organism can fulfill the role of a biomarker in diagnosing the stress state of the animal organism and can be corrected using different methods, including electromagnetic radiation.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Фисинин В.И. Мировое и российское птицеводство: реалии и вызовы будущего: монография. – М.: Хлебпродинформ, 2019. - 470 с.

2. Хохлов Р.Ю. Технология волновой стимуляции продуктивности птицы / Р.Ю. Хохлов, С.И. Кузнецов, Б.Н. Була-

нов, Е.В. Родин // Экология и жизнь: мат. междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 1999. - С. 132–134.
3. Салеева И. УФ-облучение кур / И. Салеева, Е. Журавчук, А. Иванов // Животноводство России. - 2017. № 6.- С. 7–10.
4. Gaynor J.S. Veterinary applications of pulsed electromagnetic field therapy / J.S. Gaynor, S. Hagberg, B.T. Gurfein // Research in Veterinary Sci. 2018. Vol. 119. Https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.05.005
5. Вертипрахов, В. Г. Физиология кишечного пищеварения у кур (экспериментальный подход) / В. Г. Вертипрахов. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – 175 с. – ISBN 978-5-9675-1887-4.
6. Ramachandran R., Hollenberg M.D. Proteinases and signalling: pathophysiological and therapeutic implications via PARs and more. Br J Pharmacol. - 2008, 153. – P. 263-282.
7. Вертипрахов, В. О новом маркере метаболизма у животных / В. Вертипрахов, М. Селионова, В. Малородов // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2024. – № 2. – С. 33-39.
8. Активность протеолитического фермента трипсина в сыворотке крови у крыс в условиях водной и пищевой депривации / И.В.Кузьмина, Н.В.Овчинникова, С.М.Толпыго //Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2023. Т.75, 5. – С.540-548. DOI: 10.47056/0365-9615-2023-175-5-540-544
9. Гематологические и гемодинамические показатели у кроликов (Oryctolagus cuniculus subsp. domesticus) под влиянием внутримышечной инъекции трипсина / В. Г. Вертипрахов, С. И. Полина, Е. С. Седлецкая, Н. А. Сергеенкова // Сельскохозяйственная биология. – 2024. – Т. 59, № 2. – С. 366-374. – DOI 10.15389/agrobiology.2024.2.366rus.
10. Tae J, Han SW, Yoo JY, Kim JA, Kang OH, Baek OS, Lim JP, Kim DK, Kim YH, Bae KH, Lee YM. Anti-inflammatory effect of Lonicera japonica in proteinase-activated receptor 2-mediated paw edema// Clin Chim Acta. 2003. - 330(1-2). - P.165-71. doi: 10.1016/s0009-8981(03)00017-2. PMID: 12636936.
11. Бондарчук Е.В. Слабые импульсные электромагнитные поля повышают урожайность и иммунитет картофеля / Е.В. Бондарчук, О.В. Овчинников, И.Ф. Турканов [и др.] // Картофель и овощи. - 2023. № 4. - С. 35–40. Https://doi.org/10.25630/PAV.2023.91.50.004.
12. Пат. 2765973 РФ: МПК A 61N 5/00. Устройство для подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов и вирусов электромагнитным излучением / АО «Концерн ГРАНИТ» (RU). № 2020124927; заявл. 27.07.2020; опубл. 07.02.2022; бюл. № 4. 7 с.
13. Вертипрахов, В.Г., Грозина, А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы. Ветеринария. - 2018. 6. С.51-54. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54.
14. Фисинин В.И., Кавтарашвили А.Ш. Тепловой стресс у птицы. сообщение 1. Опасность, физиологические изменения в организме, признаки и проявления // Сельскохозяйственная биология. – 2015. 50 (2). - С.162-171. doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.162rus

REFERENCES

1. Fisinin V.I. World and Russian poultry farming: realities and challenges of the future: monograph. - Moscow: Khlebprodinform, 2019. - 470 c.
2. Khokhlov, R.Yu. Technology of wave stimulation of poultry productivity / R.Yu. Khokhlov, S.I. Kuznetsov, B.N. Bulanov, E.V. Rodin // Ecology and life: mat. of Intern. scientific-practical conf. Penza, 1999. - C. 132-134.
3. 3.Saleeva I. UV irradiation of chickens / I. Saleeva, E. Zhuravchuk, A. Ivanov // Livestock of Russia. - 2017. № 6.- C. 7-10.
4. Gaynor J.S. Veterinary applications of pulsed electromagnetic field therapy / J.S. Gaynor, S. Hagberg, B.T. Gurfein // Research in Veterinary Sci. 2018. Vol. 119. Https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.05.005
5. Vertiprakhov V. G. Physiology of intestinal digestion in chickens (experimental ap-

proach). – Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2022. – 175 p. – ISBN 978-5-9675-1887-4.
6. Ramachandran R., Hollenberg M.D. Proteinases and signalling: pathophysiological and therapeutic implications via PARs and more. Br J Pharmacol. - 2008, 153. – P. 263-282.
7. Vertiprakhov, V. About a new marker of metabolism in animals / V. Vertiprakhov, M. Selionova, V. Malorodov // Veterinary of farm animals. - 2024. - № 2. - C. 33-39.
8. Activity of the proteolytic enzyme trypsin in serum in rats under conditions of water and food deprivation / I.V. Kuzmina, N.V.Ovchinnikova, S.M.Tolpygo // Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 2023. VOL.75, 5. - P.540-548. DOI: 10.47056/0365-9615-2023-175-5-540-544
9. Hematological and hemodynamic parameters in rabbits (Oryctolagus cuniculus subsp. domesticus) under the influence of intramuscular injection of trypsin / V. G. Vertiprakhov, S. I. Polina, E. S. Sedletskaya, N. A. Sergeenkova // Agricultural Biology. - 2024. - T. 59, № 2. - C. 366-374. - DOI 10.15389/agrobiology.2024.2.366rus.
10. Tae J, Han SW, Yoo JY, Kim JA, Kang OH, Baek OS, Lim JP, Kim DK, Kim YH, Bae KH, Lee YM. Anti-inflammatory effect of Lonicera japonica in proteinase-activated receptor 2-mediated paw edema// Clin Chim Acta. 2003. - 330(1-2). - P.165-71. doi: 10.1016/s0009-8981(03)00017-2. PMID: 12636936.
11. Bondarchuk E.V. Weak pulsed electromagnetic fields increase the yield and immunity of potatoes / E.V. Bondarchuk, O.V. Ovchinnikov, I.F. Turkanov [et al.] // Potatoes and Vegetables. - 2023. № 4. - C. 35-40. Https://doi.org/10.25630/PAV.2023.91.50.004.
12. Pat. 2765973 RF: MPC A 61N 5/00. Device for suppression of pathogenic microorganisms and viruses by electromagnetic radiation / Concern GRANIT JSC (RU). No. 2020124927; filed. 27.07.2020; publ. 07.02.2022; bibl. no. 4. 7 c.
13. Vertiprakhov, V.G., Grozina, A.A. Estimation of the state of the pancreas by determination of trypsin activity in poultry blood. Veterinary Science. - 2018. 6. C.51-54. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54.
14. Fisinin V.I., Kavtarashvili A.Sh. Heat stress in poultry. I. Danger, related physiological changes and symptoms // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya / Agricultural Biology, 2015, V. 50, ¹ 2, pp. 162-171.

БИОХИМИЯ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ

УДК: 619:616-001.4
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.212

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОСТНОГО РЕГЕНЕРАТА, СФОРМИРОВАННОГО В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СЕКРЕТОМА МУЛЬТИПОТЕНТНЫХ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК

Кузнецова М.А.*[1] – асс. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; **Борхунова Е.Н.**[1] – д-р биол. наук, доц., зав. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; **Яковлева О.А.**[1] – канд. с.-х. наук, доц., доц. каф. экономики и цифровых технологий в АПК; **Довгий А.И.**[2] – канд. биол. наук, ген. директор; **Гаврюшенко Н.С.**[3] – д-р тех. наук, проф., гл. науч. сотр.

[1] ФГБОУ ВО «МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина»
[2] ООО «Т-Хелпер Клеточные Технологии», Москва, Россия
[3] НМИЦ ТО имени Н.Н. Приорова Минздрава РФ

* kuznetsova_mva@mail.ru

Ключевые слова: *секретом мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток, костная ткань, трубчатая кость, репаративный остеогенез, морфология, биомеханика.*

Keywords: *secretome of multipotent mesenchymal stromal cells, bone tissue, tubular bone, reparative osteogenesis, morphology, biomechanics.*

Поступила: 24.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Современные технологии открывают перспективы использования новых эффективных методов стимуляции репаративного остеогенеза с целью оптимизации результатов лечения пациентов. Цель исследования –представить микроскопическую и биомеханическую характеристику регенерата диафиза и бедренной кости крыс, сформированного на 120-е сутки после операции и применения секретома ММСК. Представлены результаты экспериментального исследования структурных и биомеханических характеристик регенерата диафиза бедренной кости крыс на 120-е сутки репаративного остеогенеза после индуцирования костного дефекта в условиях применения инновационного регенеративного препарата – секретома мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток. Контролем служили образцы кости, в которых в область остеорепарации вводили физраствор, а также интактные бедренные кости крыс. Материал изучали с помощью методов световой микроскопии, микроскопической морфометрии

и биомеханических испытаний. Установлено, что в опытной группе регенерат компактизирован, имеет черты гистотипии и образован главным образом пластинчатой костной тканью. В контрольной группе регенерат более тонок, чем в опытной, не имеет признаков гистотипии, в его структуре наблюдается большее, по сравнению с опытной группой, представительство ретикулофиброзной костной ткани. Как в опытной, так и в контрольной группе ремоделирование регенерата не завершено. Очевидно, это влияет на прочностные характеристики кости. Биомеханические испытания показали, что бедренные кости животных опытной и контрольной групп по прочностным характеристикам уступают интактным образцам. При этом опытные образцы превосходят контрольные на 25%, что соответствует результатам морфологических исследований.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Современные технологии открывают перспективы использования новых эффективных методов стимуляции репаративного остеогенеза с целью оптимизации результатов лечения пациентов. Одним из таких направлений, несомненно, является регенеративная медицина, которая особенно стремительно развивается на протяжении последних 10-ти лет [1, 6, 11]. При этом наряду с препаратами, полученными с помощью генной инженерии, применением сложных композитных материалов и клеточных продуктов особое внимание уделяется секретому мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток (ММСК). Секретом представляет собой кондиционную среду, которая содержит комплекс цитокинов, что и обусловливает высокую эффективность этого препарата [3, 12, 14]. Секретом обладает иммуномодулирующим воздействием, сбалансированным про- и противоспалительным эффектом, стимулирует неоангиогенез, что в совокупности приводит к ормализациее течения всех фаз репаративной регенерации. Эффективность применения секретомов показана в ряде исследований [2, 4, 7, 8, 11, 15], однако влияние их на остеорепарацию рассматривается лишь в единичных работах [9, 10, 16]. В этой связи нами проведено исследование, в котором в условиях эксперимента на лабораторных крысах моделировали дефект диафиза бедренной кости и изучали формирование регенерата в условиях применения секретома ММСК отечественного производства.

Цель исследования – представить микроскопическую и биомеханическую характеристику регенерата диафиза и бедренной кости крыс, сформированного на 120-е сутки после операции и применения секретома ММСК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Работа проведена на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина. Объектом исследования служили белые беспородные крысы (самцы, 200±20 г), подобранные по методу аналогов, которых подразделяли на контрольную (n=16), опытную (n=16) и интактную (n=6) группы. В контрольной и опытной группах под наркозом (Изофлуран) с помощью фрезы моделировали монокортикальный дефект в середине диафиза бедренной кости. В опытной группе дефект орошали секретомом ММСК (производство ООО Т-Хелпер Клеточные Технологии, Москва, Россия [5]), в контрольной - физиологическим раствором (по 0,2 мл, 1 мин.). Повторное введение препаратов проводили через 7 суток, инъекционно, параоссально. В интактной группе операцию не проводили. Животных выводили из эксперимента путем передозирования наркоза (Изофлуран) на 120-е сутки. Для гистологических исследований материал фиксировали в 10% растворе нейтрализованного формалина и после деминерализации и промывки заливали в парафин по общепринятой методике и готовили срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином, альциановым синим и по Ван-Гизон. Микропрепараты изучали с помощью микроскопа Microscreen, совмещенного с цифровой си-

стемой визуализации и микрофотосъемки объектов.

Определение силы разрушения при биомеханических испытаниях образцов бедренных костей крыс по методу 3-х точечного изгиба осуществляли с помощью электромеханической испытательной машины LFM-50 фирмы Walter and Bai (Швейцария), соблюдая параметры (0 - 50 кН, скорость нагружения 0-500 мм/мин., вращение 60 об./мин., точность измерения 0,34 %). Значения перемещения (прогиба образца) и значения силы регистрировали автоматически, статистическая обработка данных проводилась в IBM SPSS Statistics 27. Работа проведена в НМИЦ ТО имени Н.Н. Приорова Минздрава РФ.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты микроскопических исследований

При оценке результата остеорепарации в первую очередь обращали внимание на признаки гистотипического восстановления, сравнивая структуру регенерата и интактного диафиза бедренной кости крысы. Последний представлен пластинчатой костной тканью с типичной структурной компоновкой, за счет которой формируются наружная и внутренняя общие системы костных пластин (представлены костными пластинами, расположенными взаимопараллельно и тангенциально) и расположенный между ними остеонный слой, представленный остеонами небольшого диаметра и вставочными костными пластинами (рис. 1). Толщина кортикального слоя кости в интактных образцах составляет 585,62±109,97 мкм.

В опытной группе через 120 суток после операции в области репарации наблюдается регенерат, в структуре которого видны компактизированная и спонгизированные части (рис. 2). Компактизированная часть хорошо консолидирована с краями дефекта и имеет толщину 539,63 ± 181,51 мкм.



Рисунок 1 – Микроструктура диафиза бедренной кости крысы. Интактный образец. А – гистологическая картина: 1 – надкостница, 2 - наружная общая система костных пластин, 3 – остеонный слой, 4 – внутренняя общая система костных пластин. Альциановый синий, х40.



Рисунок 2 – Микроструктура регенерата кости. Опытная группа, 120 суток. Общий вид: 1 – край дефекта, 2 – регенерат с признаками компактизации и ремоделирования, 3 – часть регенерата с явлениями спонгизации, 4 - полости резорбции, 5 – медуллярный канал. А – гематоксилин и эозин, х40.

Регенерат сформирован главным образом пластинчатой костной тканью, однако в данный срок ремоделирование еще не завершено, о чем свидетельствуют небольшие фрагменты ретикулофиброзной костной ткани с признаками резорбции, визуализируемые в структуре регенерата при гистологических исследованиях. Следует отметить, что часть регенера-

та, обращенная в медуллярный канал, спонгизирована, что может быть связано с постепенной остеокластической резорбцией внутренней части регенерата, не испытывающей существенную биомеханическую нагрузку при статолокомоциях.

Граница между регенератом и краем бывшего дефекта определяется за счет линий склеивания. В регенерате отчетливо видны признаки гистотипии (рис. 3): так, наблюдается хорошо развитая наружная общая система костных пластин, остеонный слой имеет четко оформление, представлен мелкими остеонами и вставочными костными пластинами. Вместе с тем, среди пластинчатой костной ткани здесь встречается матрикс ретикулофиброзной костной ткани, который отличается от матрикса пластинчатой костной ткани бесструктурностью, а тинкториально умеренной базофилией и альцианофилией. Внутренняя общая система костных пластин представлена хорошо развитым слоем, который имеет равномерную толщину. Данная морфологическая картина может свидетельствовать о включении регенерата в процесс обеспечения функциональной нагрузки, характерной для диафиза бедренной кости.

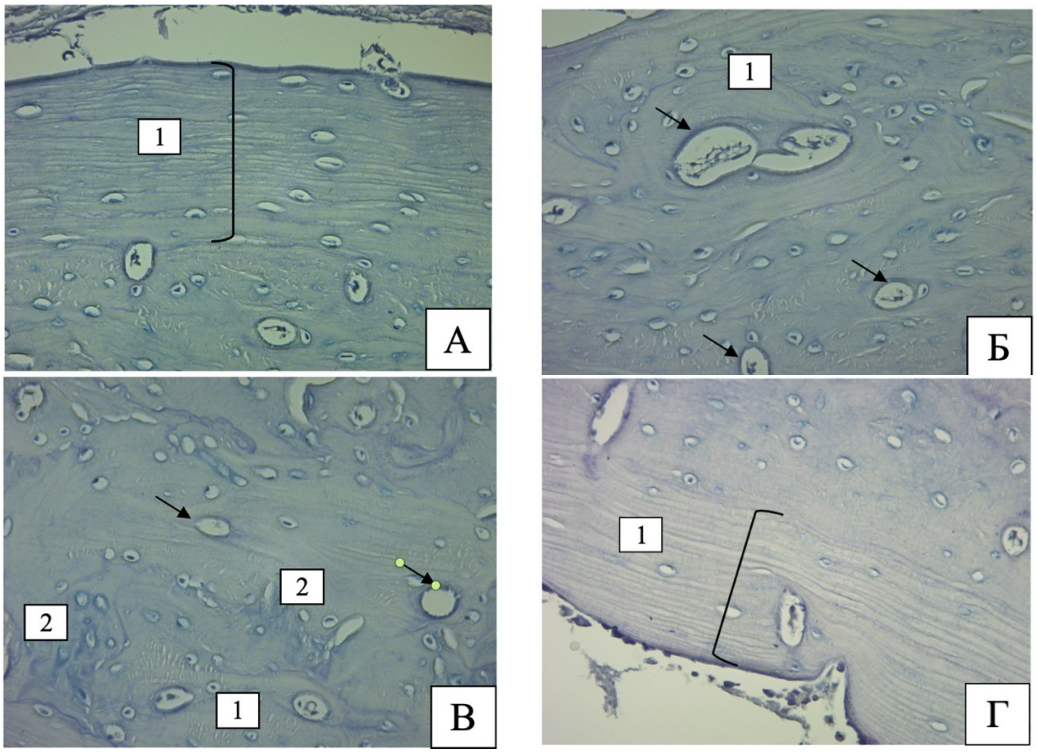


Рисунок 3 – Микроструктура регенерата кости. Опытная группа. 120 суток. А: периостальная поверхность кости ровная, 1– наружная общая система костных пластин хорошо развита. Альциановый синий, х400. Б: остеонный слой содержит остеоны (1) и вставочные костные пластины; гаверсовы каналы показаны стрелками. Альциановый синий, х400. В: остеононый слой с явлениями ремоделирования: среди пластинчатой костной ткани (1) видна ретикулофиброзная костная ткань (2). Стрелками показаны гаверсовы каналы. Альциановый синий, х400. Г – внутренняя общая система костных пластин (1) хорошо развита, имеет равномерную толщину. Альциановый синий, х400.

В контрольной группе (рис. 4) визуализировали регенерат, компактизированная часть которого тоньше, чем в опытной группе – 406,33 ± 74,99. В то же время признаки спонгизации выражены в нем в большей степени. Обращает на себя внимание, что регенерат неплотно консолидирован с краями дефекта, на границе с краями бывшего дефекта гистологически наблюдаются узкие полости. В структуре регенерата определяются пластинчатая и ретикулофиброзная костные ткани, что указывает на продолжение ремоделирования.

Следует отметить, что в регенерате не выявлены признаки гистотипии: так, наружная общая система костных пластин не имеет отчетливого оформления и на большем протяжении регенерата не визуализируется. Остеоны и костные пластины в структуре регенерата сочетаются с ретикулофиброзной костной тканью, представительство которой значительно. При этом видны обширные полости резорбции, за счет которых структура регенерата рарефицирована. Внутренняя общая система костных пластин оформлена, но имеет неравномерную толщину и локально не визуализируется (рис. 5). Такая картина может свидетельствовать о замедленном, по сравнению с опытной группой, течением процесса ремоделирования, а также о перераспределении биомеханической нагрузки между микроструктурами регенерата.

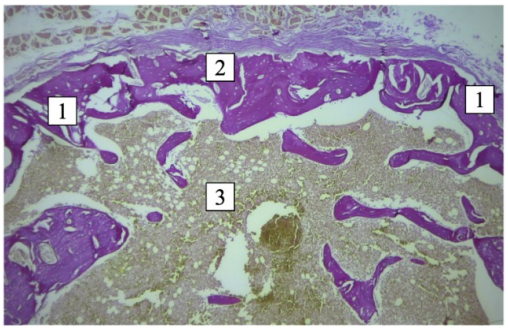
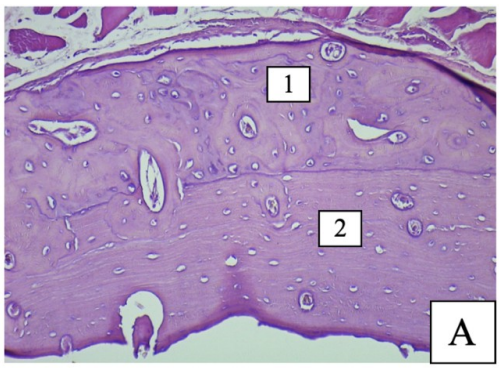


Рисунок 4 – Микроструктура регенерата кости. Контрольная группа,120 суток. Общий вид: 1 – край дефекта, 2 – регенерат рарефицирован, содержит многочисленные полости, 3 – медуллярный канал. Ван-Гизон, х40.



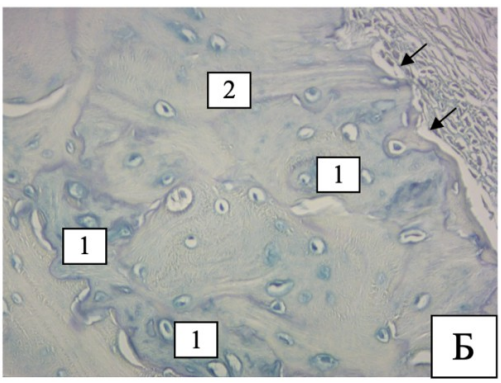


Рисунок 5 – Микроструктура регенерата кости. Контрольная группа.120 суток. А – регенерат не имеет признаков гистотипии, общий вид: наружная общая система костных пластин не выражена, 1 – остеонный слой, 2 – внутренняя общая система костных пластин формирует толстый слой. Гематоксилин и эозин, х200. Б – ретикулофиброзная костная ткань (1) и пластинчатая костная ткань (2) в поверхностных слоях регенерата. Периостальная поверхность неровная (стрелки). Альциановый синий, х400.

Результаты биомеханических испытаний

Изучение статической прочности образцов бедренных костей крыс опытной, контрольной и интактной групп по методу 3-х точечного изгиба было позволило установить, что для них характерно хрупкое мгновенное разрушение (рис. 6).

В начальный момент нагружения в образцах костей наблюдаются начальные неустойчивые процессы деформирования, далее происходит повторный устойчивый рост нагрузки вплоть до момента разрушения. Этим событиям соответствует прямолинейный участок кривой, характеризующий упругое поведение бедренной кости при ее нагружении. Хрупкое разрушение характеризуется мгновенным падением нагрузки на диаграммах испытания с фрагментацией образца бедренной кости животного за счет образования макротрещины при достижении максимума силы (F разрушения). Нагрузка при этом мгновенно падает до нуля. Согласно полученным данным, сила разрушения для образцов опытной, контрольной и интактной групп была неодинаковой (табл. 1).

Из таблицы 1 следует, что опытные образцы превосходят контрольные по прочности на 25%. Вместе с тем, обе группы уступают интактным образцам: опытные образцы на 32%, контрольные - на 46%. Это может быть связано, в частности, с незавершенным ремоделированием регенерата, выявленном при гистологических исследованиях.

Анализ результатов, полученных в трех изучаемых группах образцов, проводился с применением непараметрического критерия Краскела-Уоллеса. Была проверена гипотеза об отсутствии статистически значимых различий по показателям силы разрушения (F разр.) в опытной, контрольной и интактной группах (табл. 2). Анализ данных показал, что выборки достоверно отличаются друг от друга.

Полученная оценка была подтверждена попарным сравнением групп с помощью теста Тьюки (табл. 3).

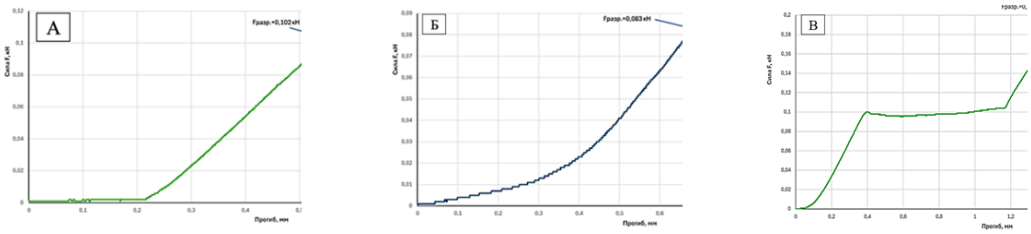


Рисунок 6 – Результаты испытаний образцов бедренных костей крыс А – опытной группы, Б – контрольной группы, В – интактной группы.

Таблица 1 – Показатели силы разрушения (F разр.) бедренных костей крыс опытной, контрольной и интактной групп, кН

Группы	Кол-во измерений	Сила разрушения, кН
Опыт	6	0,120±0,007
Контроль	6	0,096±0,004
Интактные образцы	6	0,177±0,004

Примечание: $p \leq 0,05$.

Таблица 2 – Итоги проверки гипотезы об отсутствии отличий по показатели силы разрушения (F разр.) в опытной, контрольной и интактной группах

	Нулевая гипотеза	Критерий	знач.[a,b]	Решение
	Распределение результаты является одинаковым для категорий «группа»	Критерий Краскела-Уоллеса для независимых выборок	0,001	Нулевая гипотеза отклоняется
a. Уровень значимости равен 0,05.				
b. Выводится асимптотическая значимость.				

Таблица 3 – Результаты проведения теста Тьюки для выявления отличий в показателе силы разрушения (F разр.) бедренных костей крыс опытной, контрольной и интактной групп

Группы сравнения (попарно)		Асиптотическая значимость*
Опыт	Контроль	0,012
Опыт	Интактные образцы	0,000
Контроль	Интактные образцы	0,000

**Уровень значимости равен 0,05.*

Значение асиптотической значимости менее 0,05 указывает на то, что значения силы разрушения (F разр.) для каждой группы статистически значимо отличается от других групп.

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что через 120 суток после индуцирования монокортикального дефекта в условиях применения секретома ММСК формируется регенерат, образованный преимущественно пластинчатой костной тканью, хорошо консолидированный с краями дефекта и имеющий признаки гистотипии, о чем свидетельствует наличие наружной и внутренней общих систем костных пластин и остеонного слоя в его структуре. Это отличает его от контрольных образцов, в которых регенерат имеет меньшую толщину, большее представительство ретикулофиброзной костной ткани и не имеет гистотипического строения. Следует отметить, что в обеих группах ремоделирование регенерата на 120-е сутки еще не завершено.

Гистотипическое строение регенерата в опытной группе указывает на включение его в реализацию биомеханических функций кости и предполагает повышение прочности по сравнению с контрольной группой. Это подтверждается биомеханическими испытаниями образцов костей, согласно которым прочностные характеристики бедренной кости в опытной группе на 25% превышали таковые в контрольной. Полученные данные позволяют заключить, что применение секретома ММСК оказывает положительное влияние на течение репаративного остеогенеза.

MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS BONE REGENERATE FORMED UNDER THE CONDITIONS OF MULTIPOTENT MESENCHYMAL STROMAL CELLS SECRETOME APPLICATION

Kuznetsova M.A.*[1] - ass. kaf. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Borkhunova E.N.[1]** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Yakovleva O.A. [1]** – Cand. Agricult. sciences,

Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Digital Technologies in Agroindustrial Complex; **Dovgii A.I.** [2] – Cand. Biol. sciences, General Director of T-Helper Cell Technologies, **Gavryushenko N.S.** [3] – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher.

[1] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Scriabin

[2] T-Helper Cell Technologies, LLC

[3] National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Ministry of Health of the Russian Federation

* kuznetsova_mva@mail.ru

ABSRTACT

Modern technologies open up prospects for using new effective methods of stimulating reparative osteogenesis in order to optimize patient treatment outcomes. The aim of the study was to present microscopic and biomechanical characteristics of rat diaphysis and femoral bone regeneration formed on the 120th day after surgery and the use of MMSC secretome. The results of experimental study of structural and biomechanical characteristics of rat femoral diaphysis regenerate on the 120th day of reparative osteogenesis after induction of bone defect under the conditions of application of an innovative regenerative preparation - secretome of multipotent mesenchymal stromal cells - are presented. Bone samples in which saline solution was injected into the area of osteorepair, as well as intact rat femurs served as control. The material was studied by light microscopy, microscopic morphometry and biomechanical tests. It was found that in the experimental group the regenerate is compacted, has histotypic features and is formed mainly by lamellar bone tissue. In the control group, the regenerate is thinner than in the experimental group, has no histotypic features, and in its structure, there is a greater representation of reticulofibrous bone tissue compared to the experimental group. Both in the experimental and control groups the remodeling of the regenerate is not completed. Obviously, this affects the strength characteristics of the bone. Biomechanical tests have shown that the femur bones of animals of the experimental and control groups are inferior to intact samples in terms of strength characteristics. At the same time, experimental samples exceed control samples by 25%, which corresponds to the results of morphological studies.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Богачева, Н. В. Кондиционная среда мезенхимальных стромальных клеток: новый класс терапевтических средств / Н. В. Богачева, М. Э. Колман // Биохимия. – 2019. – Т. 84, № 11. – С. 1701-1717. – DOI 10.1134/S0320972519110125.

2.Борхунова, Е. Н. Особенности проявления клеточных взаимодействий на ранних этапах заживления раны кожи под влиянием секретома мезенхимальных стволовых клеток / Е. Н. Борхунова, А. И. Довгий, А. Халил // 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. 24-28.

3.Макаревич, П.И. Биохимическая регуляция регенеративных процессов факторами роста и цитокинами: основные механизмы и значимость для регенеративной медицины / П. И. Макаревич, А. Ю. Ефименко, В. А. Ткачук // Биохимия. – 2020. – Т. 85, № 1. – С. 15-33. – DOI 10.31857/S0320972520010029.

4.Особенности репаративной регенерации роговицы в условиях применения секретома стволовых клеток / Е. Н. Борхунова, С. В. Позябин, С. В. Сароян, А. И. Довгий // Клиническая и экспериментальная морфология. – 2022. – Т. 11, № 3. – С. 45-55. – DOI 10.31088/CEM2022.11.3.45-55.

5.Патент № 2708329 C2 Российская Федерация, МПК C12N 5/077. Материал ство-

ловых клеток, композиции и способы применения: № 2016121458: заявл. 31.05.2016: опубл. 05.12.2019 / А. А. Соколов, А. И. Колесникова, А. И. Довгий [и др.]; заявитель ООО "Т-Хелпер Клеточные Технологии"

6.Регенеративная медицина - будущее ветеринарии / А. А. Лаврик, Г. В. Анненкова, С. Г. Дресвянникова [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2021. – № 1. – С. 33-36. – DOI 10.33861/2071-8020-2021-1-33-36.

7.Репаративная регенерация сухожилия под влиянием секретома мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток: экспериментальное исследование / М. Д. Качалин, Е. Н. Борхунова, С. В. Позябин [и др.] // Клиническая и экспериментальная морфология. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 77-88. – DOI 10.31088/CEM2023.12.2.77-88.

8.Сароян С. В., Комаров С. В. Оценка эффективности применения секретома мезенхимальных стволовых клеток в послеоперационной терапии корнеального секвестра. Систематизация клинического опыта // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2021. №4.

9.Bueno EM, Glowacki J. Cell-free and cell-based approaches for bone regeneration. Nat Rev Rheumatol. 2009 Dec;5(12):685-97. doi: 10.1038/nrrheum.2009.228. Epub 2009 Nov 10. PMID: 19901916

10.Kangari P, Talaei-Khozani T, Razeghian-Jahromi I, Razmkhah M. Mesenchymal stem cells: amazing remedies for bone and cartilage defects. Stem Cell Res Ther. 2020 Nov 23;11(1):492. doi: 10.1186/s13287-020-02001-1. PMID: 33225992; PMCID: PMC7681994.

11.L PK, Kandoi S, Misra R, S V, K R, Verma RS. The mesenchymal stem cell secretome: A new paradigm towards cell-free therapeutic mode in regenerative medicine. Cytokine Growth Factor Rev. 2019 Apr;46:1-9. doi: 10.1016/j.cytogfr.2019.04.002. Epub 2019 Apr 2. PMID: 30954374.

12.Linero I, Chaparro O. Paracrine effect of mesenchymal stem cells derived from human adipose tissue in bone regeneration. PLoS One. 2014 Sep 8;9(9):e107001. doi: 10.1371/journal.pone.0107001. Erratum in: PLoS One. 2015 Mar 04;10(3):e0119262. doi: 10.1371/journal.pone.0119262. PMID: 25198551; PMCID: PMC4157844.

13.Rodríguez-Fuentes DE, Fernández-Garza LE, Samia-Meza JA, Barrera-Barrera SA, Caplan AI, Barrera-Saldaña HA. Mesenchymal Stem Cells Current Clinical Applications: A Systematic Review. Arch Med Res. 2021 Jan;52(1):93-101. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.08.006. Epub 2020 Sep 22. PMID: 32977984.

14.Rodríguez-Fuentes DE, Fernández-Garza LE, Samia-Meza JA, Barrera-Barrera SA, Caplan AI, Barrera-Saldaña HA. Mesenchymal Stem Cells Current Clinical Applications: A Systematic Review. Arch Med Res. 2021 Jan;52(1):93-101. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.08.006. Epub 2020 Sep 22. PMID: 32977984.

15.Vizoso FJ, Eiro N, Cid S, Schneider J, Perez-Fernandez R. Mesenchymal Stem Cell Secretome: Toward Cell-Free Therapeutic Strategies in Regenerative Medicine. Int J Mol Sci. 2017 Aug 25;18(9):1852. doi: 10.3390/ijms18091852. PMID: 28841158; PMCID: PMC5618501.

16.Wang X, Thomsen P. Mesenchymal stem cell-derived small extracellular vesicles and bone regeneration. Basic Clin Pharmacol Toxicol. 2021 Jan;128(1):18-36. doi: 10.1111/bcpt.13478. Epub 2020 Sep 22. PMID: 32780530; PMCID: PMC7820981.

REFERENCES

1. Bogacheva, N. V. Conditioned environment of mesenchymal stromal cells: a new class of therapeutic agents / N. V. Bogacheva, M. E. Kolman // Biochemistry. – 2019. – Vol. 84, No. 11. – pp. 1701-1717. – DOI 10.1134/S0320972519110125.

2. Borkhunova, E. N. Features of cellular interactions in the early stages of skin wound healing under the influence of the secretome of mesenchymal stem cells / E. N. Borkhunova, A. I. Dovgiy, A. Khalil // 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, pp. 24-28.
3. Makarevich, P.I. Biochemical regulation of regenerative processes by growth factors and cytokines: basic mechanisms and significance for regenerative medicine / P. I. Makarevich, A. Yu. Efimenko, V. A. Tkachuk // Biochemistry. – 2020. – Vol. 85, No. 1. – pp. 15-33. – DOI 10.31857/S0320972520010029.
4. Features of reparative corneal regeneration under the conditions of using stem cell secretome / E. N. Borkhunova, S. V. Pozyabin, S. V. Saroyan, A. I. Dovgiy // Clinical and experimental morphology. – 2022. – Vol. 11, No. 3. – pp. 45-55. – DOI 10.31088/CEM2022.11.3.45-55.
5. Patent No. 2708329 C2 Russian Federation, IPC C12N 5/077. Stem cell material, compositions and methods of application: No. 2016121458: application 31.05.2016: published 05.12.2019 / A. A. Sokolov, A. I. Kolesnikova, A. I. Dovgiy [et al.]; applicant LLC "T-Helper Cellular Technologies"
6. Regenerative medicine - the future of veterinary medicine / A. A. Lavrik, G. V. Annenkova, S. G. Dresvyannikova [et al.] // Veterinary Medicine of Kuban. – 2021. – No. 1. – pp. 33-36. – DOI 10.33861/2071-8020-2021-1-33-36.
7. Reparative tendon regeneration under the influence of secretome of multipotent mesenchymal stromal cells: an experimental study / M. D. Kachalin, E. N. Borkhunova, S. V. Pozyabin [et al.] // Clinical and experimental morphology. – 2023. – Vol. 12, No. 2. – pp. 77-88. – DOI 10.31088/CEM2023.12.2.77-88.
8. Saroyan S. V., Komarov S. V. Evaluation of the effectiveness of the mesenchymal stem cell secretome in postoperative corneal sequester therapy. Systematization of clinical experience // Scientific notes of the KGAVM named after N.E. Bauman. 2021. №4.
9.Bueno EM, Glowacki J. Cell-free and cell-based approaches for bone regeneration. Nat Rev Rheumatol. 2009 Dec;5(12):685-97. doi: 10.1038/nrrheum.2009.228. Epub 2009 Nov 10. PMID: 19901916
10.Kangari P, Talaei-Khozani T, Razeghian-Jahromi I, Razmkhah M. Mesenchymal stem cells: amazing remedies for bone and cartilage defects. Stem Cell Res Ther. 2020 Nov 23;11(1):492. doi: 10.1186/s13287-020-02001-1. PMID: 33225992; PMCID: PMC7681994.
11.L PK, Kandoi S, Misra R, S V, K R, Verma RS. The mesenchymal stem cell secretome: A new paradigm towards cell-free therapeutic mode in regenerative medicine. Cytokine Growth Factor Rev. 2019 Apr;46:1-9. doi: 10.1016/j.cytogfr.2019.04.002. Epub 2019 Apr 2. PMID: 30954374.
12.Linero I, Chaparro O. Paracrine effect of mesenchymal stem cells derived from human adipose tissue in bone regeneration. PLoS One. 2014 Sep 8;9(9):e107001. doi: 10.1371/journal.pone.0107001. Erratum in: PLoS One. 2015 Mar 04;10(3):e0119262. doi: 10.1371/journal.pone.0119262. PMID: 25198551; PMCID: PMC4157844.
13.Rodríguez-Fuentes DE, Fernández-Garza LE, Samia-Meza JA, Barrera-Barrera SA, Caplan AI, Barrera-Saldaña HA. Mesenchymal Stem Cells Current Clinical Applications: A Systematic Review. Arch Med Res. 2021 Jan;52(1):93-101. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.08.006. Epub 2020 Sep 22. PMID: 32977984.
14.Rodríguez-Fuentes DE, Fernández-Garza LE, Samia-Meza JA, Barrera-Barrera SA, Caplan AI, Barrera-Saldaña HA. Mesenchymal Stem Cells Current Clinical Applications: A Systematic Review. Arch Med Res. 2021 Jan;52(1):93-101. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.08.006. Epub 2020 Sep 22. PMID: 32977984.
15.Vizoso FJ, Eiro N, Cid S, Schneider J, Perez-Fernandez R. Mesenchymal Stem Cell Secretome: Toward Cell-Free Therapeutic Strategies in Regenerative Medicine. Int J Mol Sci. 2017 Aug 25;18(9):1852. doi: 10.3390/ijms18091852. PMID: 28841158; PMCID: PMC5618501.
16.Wang X, Thomsen P. Mesenchymal stem cell-derived small extracellular vesicles and bone regeneration. Basic Clin Pharmacol Toxicol. 2021 Jan;128(1):18-36.

УДК 636.7:[591.8:591.431.4]
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.222

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТЕНКИ ПУЛЬПАРНОЙ КАМЕРЫ ЗУБА У СОБАКИ

Фролов В.В.[1] – д-р биол. наук, профессор кафедры болезни животных и ветеринарно-санитарной экспертизы; **Егунова А.В.**[1] – канд. биол. наук, доц. кафедры болезни животных и ветеринарно-санитарной экспертизы; **Иванцов В.А.**[2] * – канд. биол. наук, доц. кафедры анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова;

[1] ФГБОУ ВО Вавиловский университет
[2] ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина

* ivancov@mgavm.ru

Ключевые слова: *микроморфология зуба, ветеринарная стоматология, пульпарная полость, собаки, дентин, дентинные трубочки.*
Keywords: *tooth micromorphology, veterinary dentistry, pulp cavity, dogs, dentin, dentinal tubes.*

Поступила: 20.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн:26.03.2025



РЕФЕРАТ
В статье представлены микроморфологические особенности стенки пульпарной камеры зуба и ее структурных элементов у собаки. Исследование проводились на базе кафедры болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Вавиловского университета и кафедре анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина. Объектом для исследования являлись собаки-мезоцефалы (n=15) в возрасте от 2 до 3 лет. Материалом для исследования служила резцовая группа зубов (n=15). Микроскопическое исследование и микроморфометрию проводили на цифровом микроскопе LEICA LMD 7000 (Германия). На основании результатов исследования установлено, что стенка пульпарной полости образована интертубулярным дентином с выступающими над ним концами дентинных трубочек. Данный вид дентина представлен однородной массой серого цвета, в то время как выступающие концы его трубочек имеют различную длину, диаметр и разнообразные изгибы. Изучение пристеночной части дентина показало увеличение длины его канальцев при одновременном уменьшении их диаметра. Выявлено, что по причине разнообразных изгибов канальцев на поверхности интретубулярного дентина они приобретают фрагментарный вид. В более глубоких слоях дентина, по сравнению с поверхностью пульпарной камеры отмечается преобладание интертубулярного дентина, что приводит к более широкому расположению дентинных трубочек между собой.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Дентин зуба пронизан транспортными структурами в виде тонких трубочек (канальцев), заполненных тканевой жидкостью или же дентинным ликвором [1-12]. Он, находясь под постоянным давлением, перемещается за счет центробежной силы через эти трубочки по направлению из пульпы зуба в его эмаль [1-12]. Таким образом, дентинные трубочки формируют собой тубулярную систему зубного органа [1-12].

Пространство между дентинными трубочками заполнено минерализованным межклеточным веществом, состоящим из коллагеновых волокон и основного вещества [1-12]. Межклеточное вещество с дополнительной минерализацией обозначается как интертубулярный дентин [1-12].

По происхождению дентин делится на первичный, формирующийся до прорезывания зуба, вторичный, откладывающийся в течение жизни после прорезывания зуба, и третичный, который формируется в ответ на раздражение пульпы или механической утраты части эмалевого покрова зуба [1-12]. Зоной роста дентина является предентин – неминерализованный слой основной ткани зуба, непосредственно примыкающий к пульпе [1-12]. Между дентином и предентином имеется чёткая граница [1-12].

Из литературных источников известно, что у человека количество и диаметр просвета дентинных трубочек различается в зависимости от микротопографии [2, 3, 7, 11, 12]. Их количество уменьшается на единицу объёма дентина в направлении от пульпарной полости зуба к дентино-эмалевой или дентино-цементной границе [2, 3, 7, 11, 12].

В просвет этих трубочек проникают отростки одонтобластов, тела которых находятся во внешнем слое пульпы зуба. Данные микроструктуры, как правило, тянутся по всей длине дентинных канальцев, заканчиваясь у эмалево-дентинной границы, вблизи которой они постепенно истончаются и полностью исчезают [1-12].

Известно, что все дентинные трубочки берут свое начало от пульпарно-дентинной границы [1-12]. Микроморфологические особенности их начала, формы и концентрации на единицу площади дентинной ткани у собак не до конца изучены [1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12]. Так отсутствуют данные по векторному направлению начала дентинных трубочек в коронковой или корневой части зуба у животных.

Исходя из вышеизложенного цель нашего исследования – установить микроморфологические особенности стенки пульпарной камеры зуба и ее структурных элементов у собаки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились на базе кафедры болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Вавиловского университета и кафедре анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина. Объектом для исследования являлись собаки-мезоцефалы (n=15) в возрасте от 2 до 3 лет. Материалом для исследования служила резцовая группа зубов (n=15). Микроскопическое исследование и микроморфометрию проводили на цифровом микроскопе LEICA LMD 7000 (Германия).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

С помощью микроскопического исследования установлено, что стенка пульпарной полости зуба собаки имеет определенные особенности. Так в первую очередь обращает на себя внимание, что она состоит из интертубулярного вещества и выступающих на его поверхность свободных концов дентинных трубочек (рисунок 1).

В поле зрения микроскопа интертубулярное вещество дентина представлено в виде гладкого поля с различными оттенками серого цвета. На его поверхность выходят свободные концы дентинных трубочек, имеющих не постоянную длину и различные виды собственных изгибов. Длина выступающих концов изучаемых

микроструктур была 3–17 μm, в то время как их диаметр составлял до 2 μm и имел округлую форму. В редких случаях дентинные канальцы имели участки истончения, которые приходились на выход их из интертубулярного дентина или же в центральной части свободных концов (рисунок 1, 2).

Наиболее короткие выступающие концы дентинных трубочек были прямыми или имели в своем центре незначительный изгиб. По мере увеличения длины выступающих концов над поверхностью интертубулярного дентина нами наблюдалось усиление их изогнутости в различные стороны, по причине чего они приобретали более выраженные S-образные формы (рисунок 1).

Помимо различной длины и собственных изгибов, свободные концы дентинных трубочек имели различный цвет и толщину (рисунок 2). Темный цвет определялся в основании этих трубочек. По ходу их движения над поверхностью интертубулярного дентина темный цвет простирался до изгибов. В случаях истончения канальцев их темный цвет простирался до их вершин (рисунок 1, 2).

Нами выявлена векторная микроморфологическая особенность выступающих концов дентинных трубочек - вне зависимости от степени изогнутости их концов, длины и толщины, все они имели определенное направление, вектор которых зависел от анатомической области зуба. Так, в коронковой части вектор выступающих концов был направлен в сторону верхушки коронки (рисунок 2), в то время как в области шейки они уже имели горизонтальное направление. В области корня направление выступающих концов дентинных трубочек был ориентирован в сторону апикального отверстия.

Нами было установлено, что в зависимости от анатомической области зуба, концентрация выступающих концов на поверхности стенки пульпарной камеры различна. Максимальное их число приходилось в области пульпарной стенки коронки и корня. Минимальное количество было отмечено в области шейки зуба.

Микроморфологические исследования пристенной части дентина пульпарной камеры зуба показали, что начальное углубление дентинных трубочек в толщу интертубулярного дентина характеризовалось сильной их извилистостью, которая имела горизонтальные и вертикальные пути движения. По этой причине обнаруживались множественные и фрагментарные участки дентинных трубочек (рисунок 3), не превышавших длину 16–23 μm с хорошо дифференцирующейся стенкой, имеющий темный цвет, в то время как полость имела белый цвет.

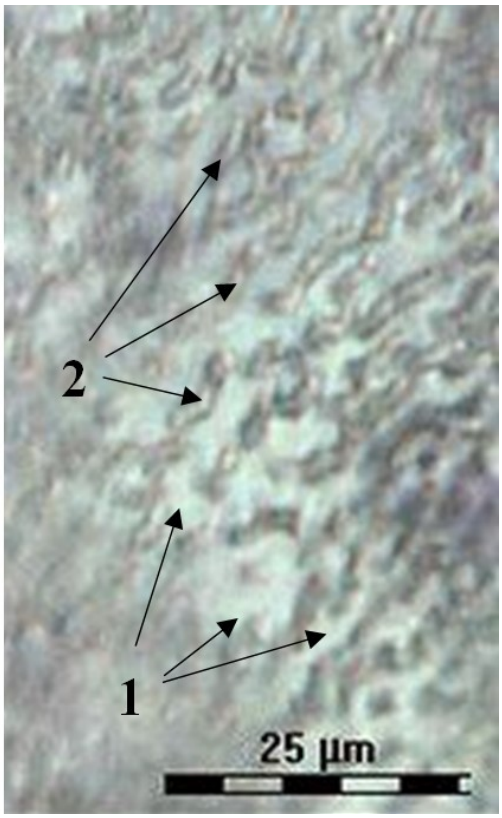


Рисунок 1 – Микроморфологическая картина пульпарной поверхности дентина собаки. Гематоксилин и эозин. об.100, ок.100.: 1 - интертубулярный дентин, 2 – дентинные трубочки.

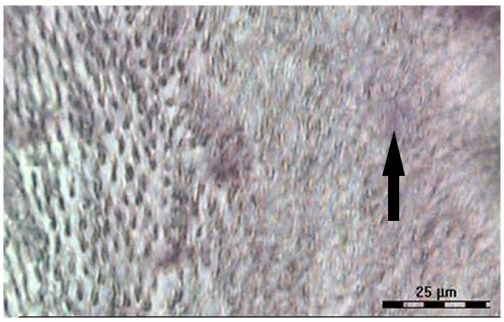


Рисунок 2 – Микроморфологическая картина выступающих концов дентинных трубочек на поверхности интертубулярного дентина у собаки. Гематоксилин и эозин. об.100, ок.100.: стрелкой указано направление в сторону верхушки коронки зуба.

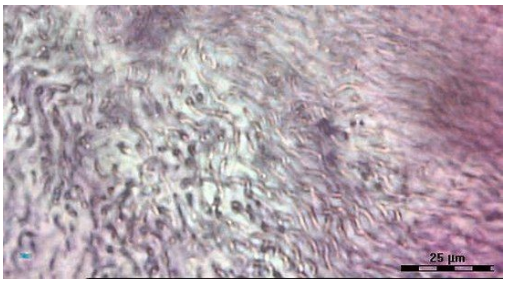


Рисунок 3 – Микроморфологическая картина пристенной части дентина пульпарной камеры у собаки. Гематоксилин и эозин. об.100, ок.100.

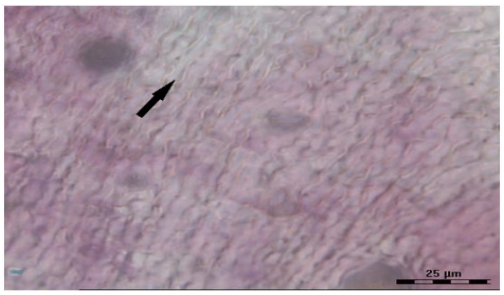


Рисунок 4 – Микроморфологическая картина дентина зуба у собаки. Гематоксилин и эозин. об.100, ок.100.: стрелкой указано направление к верхушке коронки зуба.

В этом участке ткани, между трубочками отмечалось значительное увеличение объема интертубулярного дентина, который, за счет расположения самих канальцев выглядел в виде светло серых полос.

При изучении микроморфометрических показателей пристенной части дентина установлено, что диаметр и толщина стенки трубочек составлял 3 µm и 0,5–1 µm (рисунок 4).

Микроморфологическое исследование более глубоких слоев основной ткани зуба показало увеличение длины выступающих фрагментов дентинных канальцев до 30–36 µm. Однако по нашим микроморфометрическим данным диаметр дентинных трубочек уменьшался до 0,3–0,5 µm.

В более глубоких слоях дентина отчетливо выявляется направление дентинных трубочек. Так, в области коронки зуба их вектор был направлен в сторону верхушки. В области шейки зуба они имели горизонтальную направленность, а в области корня они были расположены в сторону его верхушки.

В изучаемых слоях дентина нами установлены различия по соотношению интертубулярного дентина к дентинным трубочкам. Если в стенке пульпарной камеры их соотношение было 2:1, то уже в пристеночной части дентина это соотношение составляло 2,5:1. В более глубоких слоях данное соотношение было 3:1.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

При микроморфологическом исследовании зуба собаки установлено, что стенка пульпарной камеры образована интертубулярным дентином с выступающими над ним концами дентинных трубочек. Интертубулярный дентин представлен однородной массой серого цвета, в то время как выступающие концы его трубочек имеют различную длину, а также диаметр с разнообразными изгибами. Изучение пристенной части основной ткани зуба показало увеличение длины дентинных трубочек при одновременном уменьшении их диаметра. Выявлено, что по причине вариации изгибов канальцев на поверхности интретубулярного дентина они приобретают фрагментарный вид. В более глубоких слоях дентина, по сравнению с поверхностью пульпарной камеры отмечается преобладание интертубулярного дентина, что приводит к более широкому расположению дентинных трубочек между собой.

MICROMORPHOLOGIC FEATURES OF THE PULP CHAMBER WALL STRUCTURE IN THE TOOTH IN THE DOG

Frolov V.V.[1] – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Disease and Veterinary Sanitary Expertise; **Egunova A.V.**[1] – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Disease and Veterinary Sanitary Expertise; **Ivantsov V.A.**[2] * – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Prof. A.F. Klimov.

[1] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering by N.I. Vavilov

[2] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin

* ivancov@mgavm.ru

ABSTRACT

The article presents micromorphological features of the pulp chamber wall of a tooth and its structural elements in a dog. The study was carried out on the basis of the Department of Animal Diseases and Veterinary and Sanitary Examination of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Vavilov University and the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Prof. A.F. Klimov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K.I. Skryabin. The object of the study was mesocephalic dogs (n=15) aged from 2 to 3 years. The incisor group of teeth (n=15) served as the material for the study. Microscopic examination and micromorphometry were performed on a digital microscope LEICA LMD 7000 (Germany). Based on the results of the study, it was found that the pulp cavity wall was formed by intertubular dentin with the ends of dentin tubes protruding above it. This type of dentin is represented by a homogeneous mass of gray color, while the protruding ends of its tubes have different length, diameter and various bends. The study of the wall part of dentin showed an increase in the length of its tubules with a simultaneous decrease in their diameter. It is revealed that due to various bends of tubules on the surface of intratubular dentin they acquire a fragmentary appearance. In deeper layers of dentin, compared to the surface of the pulp chamber, the predominance of intratubular dentin is noted, which leads to a wider arrangement of dentinal tubules between each other.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Арушанян, А. Г. Онтогенез постоянных зубов собак и обоснование к лечению кариозно-пульпитных поражений: …дис. канд. вет. наук / А.Г. Арушанян. – Ставрополь, 2012. - 150 с.

2. Золоторев, В. М. Структурная организация дентиновых трубочек в коронковой зоне зуба / В. М. Золоторев // Институт стоматологии. – 2006. - № 2. – С. 78-80.

3. Ияшвили, Л. В. Метод определения естественной влажности дентина в клинических условиях / Л. В. Ияшвили, Ю. А. Винниченко, А. В. Винниченко // Медицинский алфавит. – 2020. – № 12. – С. 36-

39.
4. Микроморфологическая характеристика твердых тканей зуба у собак различных возрастных групп / Я. И. Новиков, В. В. Фролов и др. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2023. - № 12. – Т. 1. - С. 45-53.
5. Слесаренко, Н. А. Клиническая анатомия зубного органа собаки / Н. А. Слесаренко, В. А. Иванцов. – 2-е издание, дополненное. – Москва: ООО «Академия Принт», 2024. – 122 с.
6. Слесаренко, Н. А. Микроморфологическая характеристика дентина у представителей семейства Canidae / Н. А. Слесаренко, В. А. Иванцов // Морфология. – 2017. - Т. 151. - № 3. - С. 104.
7. Фалин, Л. И. Гистология и эмбриология полости рта и зубов / Л. И. Фалин. - М.: Медицина, 1963. - 220 с.
8. Фролов, В. В. Дентиция и генерации зубов у собак / В. В. Фролов - М.: ИКЦ «Колос-С», 2020. - 255 с.
9. Фролов, В. В. Основные анатомоморфологические признаки различия зубов двух генераций у собак / В. В. Фролов, Ю. В. Бочкарева, А. В. Егунова, М. Е. Копчекчи // Аграрный научный журнал. - №11. - 2018. - С. 36-39.
10. Brooke, A. Nemec. Veterinary Periodontology / Brooke A. Nemec. - Wiley-Blackwell, 2013 – 358 p.
11. Nanci, A. Ten Cates Oral Histology / A. Nanci - Elsevier, 2018 – 824 p.
12. Simon, Hillson. Teeth – 2-d ed. / Simon Hillson – UK: Cambridge university press, 2005. – 373 p.

REFERENCES

1. Arushanyan, A. G. Ontogenesis of permanent teeth of dogs and justification for the treatment of carious-pulpitic lesions: ...dis. kand. vet. sciences / A.G. Arushanyan. - Stavropol, 2012. - 150 p.
2. Zolotorev, V. M. Structural organization of dentin tubes in the crown zone of the tooth / V. M. Zolotorev // Institute of Stomatology. - 2006. - № 2. - P. 78-80.
3. Iyashvili, L. V. Method for determining the natural dentin moisture content in clinical conditions / L. V. Iyashvili, Yu. A. Vinnichenko, A. V. Vinnichenko // Medical Alphabet. - 2020. - № 12. - P. 36-39.
4. Micromorphological characterization of dental hard tissues in dogs of different age groups / Ya. I. Novikov, V. V. Frolov et al. // Veterinary, zootechnics and biotechnology. - 2023. - № 12. - V. 1. - P. 45-53.
5. Slesarenko, N. A. Clinical anatomy of the dental organ of the dog / N. A. Slesarenko, V. A. Ivantsov. - 2nd edition, supplemented. - Moscow: LLC “Academy Print”, 2024. - 122 p.
6. Slesarenko, N. A. Micromorphological characterization of dentin in representatives of the family Canidae / N. A. Slesarenko, V. A. Ivantsov // Morphology. - 2017. - V. 151. - № 3. - P. 104.
7. Falin, L. I. Histology and embryology of the oral cavity and teeth / L.I. Falin. - Moscow: Medicine, 1963. - 220 p.
8. Frolov, V. V. Dentition and generation of teeth in dogs / V.V. Frolov -M.: ICC “Kolos-S”, 2020. - 255 p.
9. Frolov, V. V. The main anatomomorphologic signs of the difference of teeth of two generations in dogs / V. V. Frolov, Yu. V. Bochkareva, A. V. Egunova, M. E. Kopchekchi // Agrarny nauchnyi zhurnal. - №11. - 2018. - P. 36-39.
10. Brooke, A. Nemec. Veterinary Periodontology / Brooke A. Nemec. - Wiley-Blackwell, 2013 – 358 p.
11. Nanci, A. Ten Cates Oral Histology / A. Nanci - Elsevier, 2018 – 824 p.
12. Simon, Hillson. Teeth – 2-d ed. / Simon Hillson – UK: Cambridge university press, 2005. – 373 p.

УДК: 619:615.9:636.5
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.228

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АДСОРБЕНТА «ГАЛЛУАСОРБ» НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ ПЕЧЕНИ ПТИЦЫ ПРИ МИКОТОКСИКОЗЕ

Кашеваров Г.С.* – канд. биол. наук, зав. лабораторией морфологических исследований (ORCID 0000-0002-4520-7596); **Юсупова К.В.** – канд. ветеринар. наук, науч. сотр. лаборатории морфологических исследований (ORCID 0000-0001-8597-3458); **Саитов В.Р.** – д-р. биол. наук, вед. науч. сотр. лаборатории морфологических исследований (ORCID 0000-0001-9815-1314); **Тарасова Е.Ю.** – канд. биол. наук, зав. лабораторией ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Матросова Л.Е.** – д-р биол. наук, зав. лабораторией микотоксинов (ORCID 0000-0001-7428-7882).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

* kaschewarow@mail.ru

Ключевые слова: сочетанный микотоксикоз, комплексный адсорбент, печень, ультраструктура, цыплята-бройлеры.

Key words: combined mycotoxicosis, complex adsorbent, liver, ultrastructure, broiler chickens.

Поступила: 05.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Несмотря на развитие и модернизацию сельского хозяйства, одной из важных проблем птицеводства по-прежнему остаются микотоксикозы. Ввиду продуцирования плесневыми грибами сразу нескольких микотоксинов, актуально говорить об их сочетанном действии, которое за счёт синергетического эффекта может вызывать более серьёзные изменения в организме, чем каждый отдельно взятый токсин. Патологические изменения в первую очередь проявляются в печени и других органах-мишенях. Известно, что препараты, оказывающие направленный эффект в отношении гепатоцитов, перспективны в качестве лечебных и профилактических средств против микотоксикозов. Цель данной работы – оценка гепатопротективной активности комплексного адсорбента «Галлуасорб» на ультраструктурном уровне при экспериментальном сочетанном микотоксикозе цыплят-бройлеров. Эксперимент провели на 40 цыплятах-бройлерах кросса КОББ-500, возраст 21–22 суток, разделённых на четыре группы: 1 группа (БК) – биологический контроль; 2 группа (ТК) – токсический контроль (токсический рацион, контаминированный Т-2 токсином, афлатоксином В1 и зеараленоном); 3 группа (ТК+ГС) – профилактируемая (токсический рацион с добавлением 0,25 % «Галлуасорба»); 4 группа (БК+ГС) – контроль безвредности (обычный рацион с 0,25 % «Галлуасорба»). Для морфологического исследования кусочки печени размером 1 мм^3 подготавливали по методике ультратонких срезов, контрастировали и просматривали на ТЭМ. Далее проводили описание полученных электронограмм и морфометрию, учитывая следующие характеристики мито-

хондрий: площадь, периметр, калиперометрический диаметр (диаметр Фере), коэффициент округлости. Статистическая обработка данных проведена с использованием описательной и сравнительной статистики (непараметрический тест Манна – Уитни, α=0,05; коррекция p по Бонферрони). По результатам исследований был выявлен протективный эффект адсорбента «Галлуасорб» в отношении общей цитоморфологии гепатоцитов и морфометрических показателей митохондрий гепатоцитов цыплят-бройлеров.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Микотоксины – продуцируемые грибами токсиканты, попадающие в организм животных с пищей и вызывающие различные виды микотоксикоза: острый, подострый или хронический [1].

Одним из важнейших в хозяйственном отношении микотоксинов является афлатоксин B_1 – соединение, вызывающее высокий токсический, мутагенный и канцерогенный эффект [2, 3]. Не менее опасен зеараленон, в действующих концентрациях вызывающий такие репродуктивные проблемы, как структурные перестройки репродуктивных органов и нарушения полового цикла [4]. Опасен и Т-2 токсин, вызывающий окислительное повреждение и апоптоз клеток за счёт ингибирования синтеза белка и нарушения синтеза нуклеиновых кислот [5, 6].

В реальных условиях микотоксины часто встречаются в сочетании и проявляют аддитивное или синергетическое действие, что приводит к необходимости систематического изучения ультраструктурных изменений, возникающих при одновременном воздействии афлатоксина В1, Т-2 токсина и зеараленона, и противодействии этим негативным изменениям.

Печень – это орган, первым проявляющий патологические морфологические изменения при микотоксикозах, в первую очередь проявляющиеся в изменении морфологии митохондрий [7].

Известно, что препараты, оказывающие направленный эффект в отношении гепатоцитов, более перспективны в качестве лечебных и профилактических препаратов против микотоксикозов [8, 9]. В качестве агента, снижающего токсическую нагрузку на организм, нами был протестирован разработанный на базе ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» комплексный адсорбент, содержащий: нанотрубки галлуазита с высокой адсорбционной активностью к афлатоксину В1, Т-2 токсину, зеараленону и охратоксину А [10]; β-глюканы, также обладающие сорбционной активностью в отношении микотоксинов [11]; шрот расторопши, проявляющий адаптогенные свойства, а также метионин, являющийся гепатопротектором при микотоксикозах в силу повышения активности метильных групп [12].

Ранее нами была показана эффективность данного комплекса на крысах и кроликах в условиях микотоксикоза [13-15].

Таким образом, цель данной работы – оценка гепатопротективной активности комплексного адсорбента «Галлуасорб» на ультраструктурном уровне при экспериментальном сочетанном микотоксикозе цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования по определению эффективности комплексного адсорбента «Галлуасорб» (ГС), в состав которого входят нанотрубки галлуазита, β-глюканы, шрот расторопши и метионин, были выполнены на 40 цыплятах-бройлерах кросса КОББ-500 массой 0,8–0,9 кг. Птицы были случайным образом распределены на четыре группы по 10 особей в каждой:

Биологический контроль (БК) – цыплята этой группы получали основной рацион, предварительно проверенный на отсутствие микотоксинов методом иммуноферментного анализа.

Токсический контроль (ТК) – цыплята этой группы дополнительно к основному рациону получали смесь микотоксинов (Т-2 токсин – 2,5 мг/кг, афлатоксин B_1 – 3,3 мг/кг, зеараленон – 1,7 мг/кг).

Группа опыта (ТК+ГС) – животные получали комплексный адсорбент «Галлуасорб» в дозе 0,25 % от рациона дополнительно к токсичному рациону.

Группа контроля безвредности (БК+ГС) – животные получали комплексный адсорбент «Галлуасорб» в дозе 0,25 % от рациона дополнительно к основному рациону.

Птицы всех групп содержались в одинаковых условиях, доступ к корму и воде был свободным.

Микотоксины добавляли в основной рацион путем ступенчатого перемешивания на протяжении трех недель. Дозы микотоксинов были выбраны с целью контролируемого воспроизведения подострого сочетанного микотоксикоза с выраженной клинической картиной.

По окончании эксперимента проводили эвтаназию животных с отбором проб тканей для лабораторных исследований.

Согласно стандартной для ультраструктурных исследований процедуре, выбранные случайным образом в объёме органа кусочки ткани печени размером до 1 мм^3 фиксировали в 1 % глутаровом альдегиде на 0,1 М фосфатном буфере и готовили к просмотру на электронном микроскопе в соответствии с принятыми протоколами (с дегидратацией ацетоном и этиловым спиртом) [16, 17].

Срезы изготавливали на ультрамикротоме в два этапа. На первом этапе получали полутонкие срезы (в пределах 1,5 мкм) для предварительного просмотра на световом микроскопе (окрашивание 1 % раствором метиленового синего) с целью точного выбора участка для ультраструктурного исследования. На втором этапе получали ультратонкие срезы (ориентировочно 80 нм), монтировали на медных сеточках с полимерной подложкой и контрастировали методом капли солями тяжёлых металлов.

Электронограммы (микрофотографии) полей зрения электронного микроскопа получали методом случайных бесповторных полей при увеличении до 10 тысяч раз и ускоряющем напряжении 80 кВ. Затем проводили морфологическое описание и морфометрию с помощью программы FIJI / Image J [18].

На срезах измеряли следующие характеристики митохондрий: площадь, периметр, калиперометрический диаметр (диаметра Ферe). Также вычисляли коэффициент их округлости по формуле:

$C=4\pi(S/P^2)$,

где C – коэффициент округлости;

S – площадь;

P – периметр.

Статистическая обработка полученных данных проводилась в программных средах MS Excel и Statistica 6.0. с использованием методов описательной и сравнительной статистики. Вычисляли средние значения показателей (M) и стандартное отклонение (Sd), а также определяли соответствие распределения выборочных значений нормальному (тест Колмогорова –Смирнова). Поскольку распределение величин значимо отличалось от нормального, для сравнения групп проводили непараметрический тест Манна – Уитни для несвязанных выборок. Статистические тесты проводили при критическом уровне значимости $\alpha=0,05$ (величину p корректировали исходя из поправки Бонферрони).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В группе биологического контроля характеристики гепатоцитов соответствуют таковым для нормального строения (рис. 1, А). Ядра округлые, поры в оболочке ядер просматриваются отчётливо, перинуклеарное пространство равномерной ширины по всему периметру, хроматин расположен диффузно. Матрикс митохондрий в основном электронноплотный, в большинстве отчётливо просматриваются кристы. Встречается гликоген, хорошо визуализируется эндоплазматическая сеть (в том числе гранулярная) – как в цитоплазме в целом, так и в околоядерной зоне. Такое же внешнее строение характерно для гепатоцитов группы контроля безвредности (БК+ГС) средства «Галлуасорб».

В группе токсического контроля (ТК) во многих гепатоцитах контур ядра неровный (отмечаются изломы, впадины), наблюдается переориентация и дезинтеграция хроматина, перинуклеарное пространство местами увеличено и неравномерной ширины. Кристы в митохондриях

просматриваются, но иногда выявляются разрывы мембран с деструкцией органелл, матрикс в основном средней электронной плотности, иногда просветленный. Включения в цитоплазме редки, эндоплазматическая сеть фрагментарна.

Перинуклеарное пространство в группе применения «Галлуасорба» на фоне микотоксикоза (ТК+ГС) не увеличено, но в ряде случаев наблюдается незначительная деформация ядер. В ядрах встречается конденсированный хроматин. Митохондрии с электронно-плотным матриксом, кристы в большинстве случаев визуализируются. Цитоплазма средней электронной плотности, включения встречаются, эндоплазматическая сеть чётко просматривается.

Таким образом, группа ТК+ГС в морфологическом отношении показала отличия от группы токсического контроля, приближаясь по своим характеристикам к группе биологического контроля.

Также был проведён морфометрический анализ митохондрий гепатоцитов. Сравнивали площадь, периметр, калиперометрический диаметр (диаметра Фере) и коэффициент округлости митохондрий гепатоцитов. Результаты статистического анализа полученных данных представлены в таблице 1.

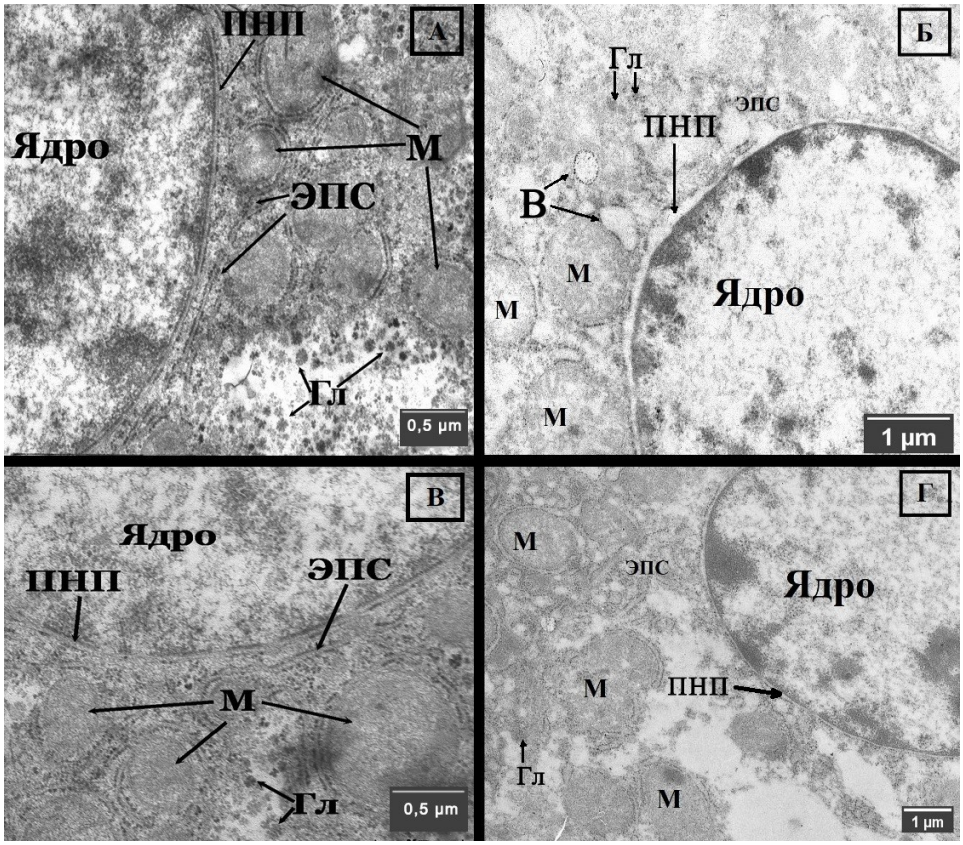


Рисунок 1 – Фрагменты гепатоцитов цыплят-бройлеров

Примечание: А – группа биологического контроля, Б – группа токсического контроля, В – группа контроля безвредности комплексного адсорбента, Г – опытная группа (токсический рацион+«Галлуасорб»), м – митохондрии, ЭПС – эндоплазматическая сеть, ПНП – перинуклеарное пространство, Гл – гликоген, В – вакуоли.

Таблица 1– Морфометрические характеристики (*M (Sd)*) митохондрий гепатоцитов цыплят-бройлеров

Группа	Площадь, μм^2	Периметр, μм	Диаметр, μм	Коэффициент округлости
Биологический контроль (БК)	0,39(0,23)^b	2,28(0,78)^b	0,88(0,33)^b	0,91(0,10)
Токсический контроль (ТК)	0,23(0,15)^a	1,72(0,59)^a	0,66(0,24)^a	0,90(0,09)
Контроль безвредности (БК+ГС)	0,39(0,21)^b	2,25(0,68)^b	0,84(0,29)^b	0,92(0,10)
Группа опыта (ТК+ГС)	0,31(0,16)^b	2,02(0,58)^b	0,79(0,25)^b	0,90(0,09)

Примечания:

Верхние индексы показывают статистически значимые отличия с учётом поправки на влияние множественного сравнения:

a – отличие от группы биологического контроля.

b – отличие от группы токсического контроля.

Статистически значимые отличия от группы БК показывают морфометрические характеристики митохондрий только группы ТК, что воспроизводится в анализе всех характеристик, кроме коэффициента округлости. Эти изменения можно интерпретировать как объективное свидетельство уменьшения митохондрий в группе токсического контроля.

Значения морфометрических показателей в группе БК+ГС, как уже сообщалось выше, не отличаются от группы БК, и, как и у группы БК, значимо отличаются от группы ТК.

В группе ТК+ГС мы наблюдаем снижение этих показателей по сравнению с группой биологического контроля (при этом статистические отличия от БК не обнаруживаются, в то же время характеристики значимо отличаются от группы ТК).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Несмотря на многие годы исследований и вмешательств на уровне до, во время и после сбора урожая микотоксины продолжают представлять значительную угрозу животноводству. Поскольку методы сбора урожая и условия хранения остаются ненадлежащими, применение практичных и эффективных методов детоксикации кормов, загрязненных микотоксинами, становится все более важным для снижения риска здоровью людей и животных. Нами отмечен протективный эффект комплексного адсорбента «Галлуасорба» в отношении общей цитоморфологии гепатоцитов и морфометрических показателей митохондрий гепатоцитов цыплят-бройлеров, что выражалось в сближении общей цитоморфологии и морфометрических характеристик митохондрий профилактируемой группы с группой биологического контроля. В то же время, в группе контроля безвредности отличий изученных характеристик от группы биологического контроля не отмечалось. Таким образом, после дальнейших всесторонних исследований «Галлуасорб» может стать эффективной и экологически чистой стратегией защиты при смешанном микотоксикозе сельскохозяйственной птицы.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THE COMPLEX ADSORBENT "GALLUASORB" ON THE ULTRASTRUCTURE OF POULTRY LIVER IN MYCOTOXICOSIS

Kashevarov G.S. * – candidate of biological sciences, head of laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0002-4520-7596); **Yusupova K.V.** – candidate of veterinary sciences, scientific researcher of la-

boratory for morphological studies (ORCID 0000-0001-8597-3458); **Saitov V.R.** – doctor of biological sciences, leading scientific researcher of laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0001-9815-1314); **Tarasova E.Yu.** – candidate of biological sciences, head of the laboratory of veterinary sanitation (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Matrosova L.E.** – doctor of biology sciences, head of the mycotoxins laboratory (ORCID 0000-0001-7428-7882)

FSBSI «Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety»

* kaschewarow@mail.ru

ABSTRACT

Despite the development and modernization of agriculture, mycotoxicosis remains one of the important problems of poultry farming. Due to the production of several mycotoxins by mold fungi at once, it is important to talk about their combined action, which, due to the synergistic effect, can cause more serious changes in the body than each individual toxin. Pathological changes primarily occur in the liver and other target organs. It is known that drugs that have a targeted effect on hepatocytes are promising as therapeutic and prophylactic agents against mycotoxicosis. The objective of this work is to evaluate the hepatoprotective activity of the complex adsorbent "Galluasorb" at the ultrastructural level in experimental combined mycotoxicosis of broiler chickens. The experiment was conducted on 40 broiler chickens of the COBB-500 cross, aged 21-22 days, divided into four groups: group 1 (BC) - biological control; group 2 (TC) – toxic control (toxic diet contaminated with T -2 toxin, aflatoxin B_1 and zearalenone); group 3 (TC+GS) – preventive (toxic diet with the addition of 0.25% Galluasorb); group 4 (BC+GS) – safety control (regular diet with 0.25% Galluasorb). For morphological examination, 1 mm^3 liver pieces were prepared using the ultrathin section technique, contrasted and examined on TEM. Then, the obtained electronograms were described and morphometry was performed, taking into account the following mitochondria characteristics: area, perimeter, caliperometric diameter (Feret diameter), roundness coefficient. Statistical data processing was performed using descriptive and comparative statistics (nonparametric Mann-Whitney test, α=0.05; Bonferroni correction p). Based on the research results, a protective effect of the Galluasorb adsorbent was revealed in relation to the general cytomorphology of hepatocytes and morphometric indices of mitochondria of hepatocytes in broiler chickens.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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, No. 4. – P. 3520-3531., Innovative technologies for the mitigation of mycotoxins in animal feed and ingredients – a review of recent patents / Y. Zhu, Y. I. Hassan, C. Watts [et al.] // Anim Feed Sci Technol. – 2016. – Vol. 216. – P. 19–29.
2. Тарасова, Е. Ю. Эффективность профилактического комплекса на основе природного минерала галлуазита при смешанном микотоксикозе кроликов / Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова, С. А. Танасева, Э. И. Семенов // Ветеринария. – 2022. – № 11. – С. 62-65. – DOI 10.30896/0042-4846.2022.25.11.62-65.
3. Тремасов, М. Я. Опыт применения пробиотика при микотоксикозах / М. Я. Тремасов, Л. Е. Матросова, Е. Ю. Тарасова // Вестник ветеринарии. – 2009. – № 3 (50). – С. 38–41.
4. Mahato, D. K. Trichothecenes in food and feed: occurrence, impact on human health and their detection and management strategies / D. K. Mahato, S. Pandhi, M. Kamle [et al.] // Toxicon. – 2022. – Vol. 208. – P. 62–77.
5. Садыкова, А. Ш. Изучение сорбционной активности биосорбентов по отношению к Т-2 токсину / А. Ш. Садыкова, Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова [и др.] // Ветеринарный врач. – 2021. – № 3. – С. 45 -52. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-3-45-52.

6. Идиятов, И. И. Цитотоксическая активность Т-2 токсина к перевиваемым культурам клеток эпителия легкого эмбриона крупного рогатого скота / И. И. Идиятов, Л. Р. Валиуллин, В. В. Бирюля [и др.] // Гены и Клетки. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 41–46.
7. Попова, О. С. Оценка современных энтеросорбентов: возможности и перспективы / О. С. Попова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 2. – С. 76-79. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.2.76.
8. Барышев, В. А. Повышение эффективности современных сорбентов / В. А. Барышев, О. С. Попова, А. В. Свиридова // Международный вестник ветеринарии. – 2017. – № 2. – С. 13–16.
9. Понамарев, В. С. Влияние препарата «Гепатон» в сочетании с фитосорбционным комплексом на уровень эндогенной интоксикации / В. С. Понамарев, О. С. Попова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 3. – С. 124–125.
10. Тарасова, Е. Ю. Нанотрубки галлуазита – новое эффективное средство для борьбы с микотоксикозами / Е. Ю. Тарасова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова, М. И. Канин // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15, № 4 (104). – С. 561–571.
11. Sun, Y. Impacts of low-level aflatoxin in feed and the use of modified yeast cell wall extract on growth and health of nursery pigs / Y. Sun, I. Park, J. Guo [et al.] // Animal Nutrition. – 2015. – Vol. 1 (3). – P. 177–183.
12. Гулюшин, С. Ю. Доноры метильных групп — перспективные средства для профилактики хронических микотоксикозов / С. Ю. Гулюшин, Р. А. Зернов // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 2. – С. 21–31.
13. Тарасова, Е. Ю. Изучение защитного действия профилактических комплексов на ультраструктуру гепатоцитов кроликов при сочетанном микотоксикозе / Е. Ю. Тарасова, Г. С. Кашеваров, В. Р. Саитов [и др.] // Ветеринарный врач. – 2023. – № 1. – С. 57–63.
14. Кашеваров, Г. С. Морфометрические показатели подоцитов почек крыс и кроликов при сочетанном микотоксикозе на фоне применения профилактических комплексов / Г. С. Кашеваров, Е. Ю. Тарасова, В. Р. Саитов [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 97 -101.
15. Tarasova, E. The effectiveness of a feed additive with galloisite in rat mycotoxicosis / E. Tarasova, L. Matrosova, G. Kashevarov, S. Tanaseva, O. Ermolaeva, A. Sofronova, N. Mishina, L. Valiullin, R. Mukhammadiev, E. Semenov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 548. – P. 02014. – DOI 10. 1051/e3sconf/202454802014.
16. Иванов, А. В. Методические рекомендации по электронно-микроскопическим исследованиям биологических объектов / А. В. Иванов, А. А. Иванов, А. Н. Чернов [и др.]. – Москва: Росинформагротех, 2011. – 67 с.
17. Сальникова, М. М. Трансмиссионная электронная микроскопия в биологии и медицине: монография / М. М. Сальникова, Л. В. Малютина, В. Р. Саитов, А. И. Голубев. – Казань: КФУ (Казанский (Приволжский) федеральный университет), 2016. – 125 с.
18. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / Schindelin J., Arganda-Carreras I., Frise E. [et al.] // Nature methods, 9(7). – 2012. – P. 676–682.

REFERENCES

1. 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, No. 4. – P. 3520-3531., Innovative technologies for the mitigation of mycotoxins in animal feed and ingredients – a review of recent patents / Y. Zhu, Y. I. Hassan, C. Watts [et al.] // Anim Feed Sci Technol. – 2016. – Vol. 216. – P. 19–29.
2. Tarasova, E. YU. Effektivnost' profilakticheskogo kompleksa na osnove prirodnogo minerala galluazita pri smeshannom mikotoksikoze krolikov / E. YU. Tarasova,

L. E. Matrosova, S. A. Tanaseva, E. I. Semenov // Veterinariya. – 2022. – № 11. – S. 62-65. – DOI 10.30896/0042-4846.2022.25.11.62-65.
3. Tremasov, M. YA. Opyt primeneniya probiotika pri mikotoksikozah / M. YA. Tremasov, L. E. Matrosova, E. YU. Tarasova // Vestnik veterinarii. – 2009. – № 3 (50). – S. 38–41.
4. Mahato, D. K. Trichothecenes in food and feed: occurrence, impact on human health and their detection and management strategies / D. K. Mahato, S. Pandhi, M. Kamle [et al.] // Toxicon. – 2022. – Vol. 208. – P. 62–77.
5. Sadykova, A. SH. Izuchenie sorbcionnoj aktivnosti biosorbentov po otnosheniyu k T-2 toksinu / A. SH. Sadykova, E. YU. Tarasova, L. E. Matrosova [i dr.] // Veterinarnyj vrach. – 2021. – № 3. – S. 45-52. 6. Idiyatov, I. I. Citotoksicheskaya aktivnost' T-2 toksina k perevivaemym kul'turam kletok epiteliya legkogo embriona krupnogo rogatogo skota / I. I. Idiyatov, L. R. Valiullin, V. V. Biryulya [i dr.] // Geny i Kletki. – 2017. – T. 12, № 1. – S. 41–46.
7. Popova, O. S. Ocenka sovremennyh enterosorbentov: vozmozhnosti i perspektivy / O. S. Popova // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. – 2023. – № 2. – S. 76-79. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.2.76.
8. Baryshev, V. A. Povyshenie effektivnosti sovremennyh sorbentov / V. A. Baryshev, O. S. Popova, A. V. Sviridova // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. – 2017. – № 2. – S. 13–16.
9. Ponamarev, V. S. Vliyanie preparata «Gepaton» v sochetanii s fitosorbcionnym kompleksom na uroven' endogennoj intoksikacii / V. S. Ponamarev, O. S. Popova // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2020. – № 3. – S. 124–125.
10. Tarasova, E. YU. Nanotrubki galluazita – novoe effektivnoe sredstvo dlya bor'by s mikotoksikozami / E. YU. Tarasova, E. I. Semenov, L. E. Matrosova, M. I. Kanin // Nauchnaya zhizn'. – 2020. – T. 15, № 4 (104). – S. 561–571.
11. Sun, Y. Impacts of low-level aflatoxin in feed and the use of modified yeast cell wall extract on growth and health of nursery pigs / Y. Sun, I. Park, J. Guo [et al.] // Animal Nutrition. – 2015. – Vol. 1 (3). – P. 177–183.
12. Gulyushin, S. YU. Donory metil'nyh grupp — perspektivnye sredstva dlya profilaktiki hronicheskih mikotoksikozov / S. YU. Gulyushin, R. A. Zernov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2011. – № 2. – S. 21–31.
13. Tarasova, E. YU. Izuchenie zashchitnogo dejstviya profilakticheskih kompleksov na ul'trastrukturu gepatocitov krolikov pri sochetannom mikotoksikoze / E. YU. Tarasova, G. S. Kashevarov, V. R. Saitov [i dr.] // Veterinarnyj vrach. – 2023. – № 1. – S. 57–63.
14. Kashevarov, G. S. Morfometricheskie pokazateli podocitov pochek krys i krolikov pri sochetannom mikotoksikoze na fone primeneniya profilakticheskih kompleksov / G. S. Kashevarov, E. YU. Tarasova, V. R. Saitov [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2023. – № 3. – S. 97-101.
15. Tarasova, E. The effectiveness of a feed additive with galloisite in rat mycotoxicosis / E. Tarasova, L. Matrosova, G. Kashevarov, S. Tanaseva, O. Ermolaeva, A. Sofronova, N. Mishina, L. Valiullin, R. Mukhammadiev, E. Semenov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 548. – P. 02014. – DOI 10. 1051/e3sconf/202454802014.
16. Ivanov, A. V. Metodicheskie rekomendacii po elektronno-mikroskopicheskim issledovaniyam biologicheskih ob"ektov / A. V. Ivanov, A. A. Ivanov, A. N. CHernov [i dr.]. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2011. – 67 s.
17. Sal'nikova, M. M. Transmissionnaya elektronnaya mikroskopiya v biologii i medicine: monografiya / M. M. Sal'nikova, L. V. Malyutina, V. R. Saitov, A. I. Golubev. – Kazan': KFU (Kazanskij (Privolzhskij) federal'nyj universitet), 2016. – 125 s.
18. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / Schindelin J., Arganda-Carreras I., Frise E. [et al.] // Nature methods, 9(7). – 2012. – P. 676–682.

УДК: 616-073.756.8:611.717.4/.6:636.74
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.236

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОСТЕЙ, ФОРМИРУЮЩИХ ЛОКТЕВОЙ СУСТАВ У СОБАК СЛУЖЕБНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Рыбалкин С.М. – асп. каф. анатомии животных (ORCID 0009-0001-5824-0547); **Щипакин М.В. –** д-р ветеринар. наук, проф., зав. кафедрой анатомии животных (ORCID 0000-0002-2960-3222)

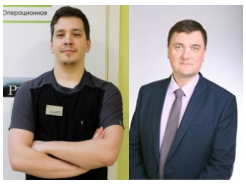
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* Rybalckin.serj@yandex.ru

Ключевые слова: *локтевой сустав, собака, эпифизарные зоны, крючковидный отросток, суставные поверхности, компьютерная томография.*

Key words: *elbow joint, dog, epiphyseal zones, hook-shaped process, articular surfaces, computed tomography.*

Поступила: 14.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Служебные собаки в Российской Федерации играют наиважнейшую роль в органах исполнительной власти, выполняя сложные задачи, при которых эти обученные животные являются незаменимыми по сегодняшний день. Самыми распространенными служебными породами собак на территории РФ, участвующих в розыскных, патрульных, поисковых, специальных, конвойных и караульных мероприятиях являются немецкая овчарка, бельгийская овчарка, спаниэль, лабрадор. Дисплазия локтевого сустава и травматизм при высокоэнергетических повреждениях, зачастую имеет только хирургические способы лечения у собак, необходимо выработать максимально безопасные, эффективные хирургические доступы к локтевому суставу с анатомо-топографическим обоснованием. Исследование проведено в сети ветеринарных центров «Котонай» города Санкт-Петербурга. Объектом исследования послужили собаки породы лабрадор в количестве 10 особей. Методы исследования: морфометрия, компьютерная томография. В результате исследования установили, что плечевая кость имеет наименьший потенциал к росту в первой возрастной группе, однако имеет наибольшую площадь эпифизарных зон, что может повлиять на планирование хирургических вмешательств в области локтевого сустава, а также при лечении эпифизиеолиза плечевой кости. Оценка оссификации отростков локтевой кости по компьютерной томографии при подозрении на наличие диспластических изменений по типу болезни медиального венечного отростка и не сращения крючковидного отростка возможна в возрасте 5,5 месяцев у собак породы лабрадор. Для получения более точных данных, касаемо сравнительной анатомии костей, образующих локтевой сустав, следует продолжить изучение настоящей темы, а также, для снижения погрешности измерений, следует провести исследования на группах в соответствии с полом животного.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Служебные собаки в Российской Федерации играют наиважнейшую роль в органах исполнительной власти, выполняя сложные задачи, при которых эти обученные животные являются незаменимыми по сегодняшний день. Самыми распространенными служебными породами собак на территории Российской Федерации, участвующих в розыскных, патрульных, поисковых, специальных, конвойных и караульных мероприятиях являются немецкая овчарка, бельгийская овчарка, спаниэль, лабрадор [1,2].

Локтевой сустав (art. cubitales) у собак является одним из значимых суставов грудной конечности и играет важную роль в поддержании веса тела животного и обеспечении его подвижности. Локтевой сустав подвержен значительным нагрузкам и травмам, что делает его более уязвимым. Так как собака является активным животным, то немаловажную роль играют высокие нагрузки (прыжки, бег), приводящие к износу хряща и развитию артрита. Для диагностики наличия патологии у данного сустава используется скрининговое исследование на дисплазию у собак в раннем возрасте. Также следует отметить, что травматизм локтевого сустава у служебных пород собак является не редкой патологией, которая требует своевременного, минимально травматичного лечения для максимально быстрого возвращения собаки в работу. В связи с тем, что дисплазия локтевого сустава и травматизм при высокоэнергетических повреждениях, зачастую имеет только хирургические способы лечения у собак, необходимо выработать максимально безопасные, эффективные хирургические доступы к локтевому суставу с анатомо-топографическим обоснованием. Это позволит собакам, проходившим длительное обучение у кинолога, и, находящимся на службе, максимально быстро вернуться к работе, при этом не потеряв в функциональных возможностях [3-6].

Цель исследования – определить и изучить характерные особенности костей, формирующих локтевой сустав у собак породы лабрадор по данным компьютерной томографии в возрастном аспекте

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование было проведено в сети ветеринарных центров «Котонай» города Санкт-Петербурга и в ФГБОУ ВО «Санкт -Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». Объектом исследования послужили собаки породы лабрадор в количестве 10 особей. Собаки данной породы были разделены на две возрастные группы. В первую группу исследования были отобраны собаки в возрасте 5,5-6,0 месяцев в количестве пяти голов, во вторую – собаки в возрасте 5,5-6,0 лет в количестве пяти голов. В обоих группах исследование проводилось на трех самках и двух самцах. Методы исследования: морфометрия, компьютерная томография с толщиной среза 0,7 мм, в связи с чем измерения являются максимально точными, а изображения откалиброванными [7-13].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Локтевой сустав образован тремя костями: плечевой, лучевой и локтевой. Локтевой сустав у собак является сложным и двуосным, так как именно в нем происходит движение по двум осям: сгибание и разгибание, а также ротация. При исследовании были установлены морфометрические показатели костей локтевого сустава у собак в двух возрастных группах в сравнительном аспекте. Сравнительный анализ в этих группах включал в себя измерение длины плечевой, локтевой и лучевой костей, плотность медиального венечного отростка, плотность крючковидного отростка локтевой кости. В первой возрастной группе дополнительно оценивали площадь эпифизарных зон костей, образующих локтевой сустав.

Длина плечевой кости в сагиттальной плоскости измерялась с помощью прямой линии, проведенной через две точки: самая проксимальная точка суставной поверхности проксимального эпифиза плечевой кости и самой дистальной точки дистального эпифиза плечевой кости. Во дорсальной плоскости измерение плече-

вой кости проводилось с помощью отрезка, проведенного от самой проксимальной визуализированной точки суставной поверхности проксимального эпифиза плечевой кости до самой дистальной точки суставной поверхности медиального мыщелка плечевой кости.

Длина лучевой кости в сагиттальной плоскости измерялась с помощью прямой, проведенной через две точки: самая дистальная точка суставной поверхности проксимального эпифиза лучевой кости и самой дистальной точки суставной поверхности дистального эпифиза лучевой кости. Во дорсальной плоскости измерение проводилось с помощью отрезка, проведенного через две точки: самая дистальная точка суставной поверхности проксимального эпифиза лучевой кости и самая проксимальная точка суставной поверхности дистального эпифиза лучевой кости.

Длина локтевой кости в сагиттальной плоскости измерялась с помощью прямой, проведенной через две точки: самой дистальной точки локтевой кости, визуализированная на сагиттальном срезе, и точка, соответствующая каудальному краю локтевого бугра. В дорсальной плоскости измерение длины локтевой кости проводилось с помощью отрезка, проведенного через две точки: самая дистальная точка, визуализированная на дистальном эпифизе локтевой кости и самая проксимальная визуализированная точка каудального края локтевого бугра. Стоит отметить, что в данном исследовании не проводилось отдельное измерение длины локтевого бугра.

Рентгенологическая плотность костной ткани медиального венечного отростка и крючковидного отростка локтевой кости измерялась с помощью шкалы Хаунсфилда. В настоящее время данный параметр является наиболее объективным для измерения радиологической плотности вещества, в том числе костной ткани. Измерение плотности отростков оценивалась путем построения трех точек, расположенных по каудальному, краниальному и медиальному краям отростков.

Площадь эпифизарных зон костей у пациентов у первой возрастной группы оценивалась в дорсальной и сагиттальной плоскостях, путем построения кривой, повторяющей контур кортикальной кости эпифиза и отдаленного от эпифиза края метафизарной пластинки.

Таблица 1 – Морфометрические показатели костей локтевого сустава у собак первой возрастной группы

№	Параметры	ЛК	ЛуК	ПК	МВО	КрО
1.	Сагиттальная плоскость	175,60±17,5	139,40±12,5	142,70±14,0	907,0	611,3
2.	Дорсальная плоскость	168,40±15,6	138,10±13,0	145,20±13,9	1067,0	777,3

Таблица 2 – Морфометрические показатели костей локтевого сустава у собак второй возрастной группы

№	Параметры	ЛК	ЛуК	ПК	МВО	КрО
1.	Сагиттальная плоскость	182,20±17,1	149,80±13,2	141,70±13,6	1191,3	850,0
2.	Дорсальная плоскость	183,60±16,1	148,80±14,0	142,20±13,1	1088,0	734,0

Примечание для таблиц 1 и 2: ЛК – длина локтевой кости (мм); ЛуК – длина лучевой кости (мм); ПК – длина плечевой кости (мм); МВО – плотность медиального венечного отростка (Ни); КрО – плотность крючковидного отростка (Ни).

Таблица 3 – Морфометрические показатели площади эпифизарных зон в соотношении к площади кости у собак первой возрастной группы

№	Параметры	S1	S2	%
Локтевая кость				
1.	Дорсальная плоскость	309,2±28,2	2069,0±206,1	14,9
2.	Сагиттальная плоскость	274,9±25,1	2137,0±19,2	12,8
Лучевая кость				
1.	Дорсальная плоскость	389,0±32,2	2147,7±202,3	18,1
2.	Сагиттальная плоскость	298,2±26,3	1759,0±17,0	16,9
Плечевая кость				
1.	Дорсальная плоскость	686,2±58,3	2885,0±268,2	23,7
2.	Сагиттальная плоскость	725,0±65,5	3007,4±289,3	24,1

Примечание: S1 – Площадь эпифизарных зон кости (мм^2), S2 – Площадь кости (мм^2), % – процентное соотношение площади эпифизарных зон к материнской кости.



Рисунок 1 – Морфометрия площадей локтевой и лучевой костей у пациента из первой возрастной группы.

При проведении сравнительного анализа усредненных результатов, предоставленных в таблицах можно заключить, что плечевая кость имеет наименьший потенциал к росту в представленной первой возрастной группе, однако имеет наибольшую площадь эпифизарных зон. Локтевая кость, напротив, имеет наименьшую площадь эпифизарных зон, однако имеет потенциал роста более чем на 60,0 мм по отношению к второй возрастной группе, с закрытыми зонами роста. Лучевая кость имеет наибольший потенциал к росту, более чем на 80,0 мм по сравнению с пациентами с закрытыми зонами роста, а также имеет средние показатели площади эпифизарных зон по сравнению с локтевой и плечевой костями.

Также, следует отметить, что усредненные показатели плотности отростков

локтевой кости имеют малые отличия оссификации, в сравнении с пациентами второй возрастной группы. Стоит также отметить, что пациенты с картиной, соответствующей болезни медиального венечного отростка и не сращения крючковидного отростка, не принимали участия в исследовании.



Рисунок 2 – Измерение плотности крючковидного отростка у пациента второй возрастной группы.



Рисунок 3 – Измерение длины плечевой кости в сагиттальной плоскости у пациента первой возрастной группы.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: плечевая кость имеет наименьший потенциал к росту в первой возрастной группе, однако имеет наибольшую площадь эпифизарных зон, что может повлиять на планирование хирургических вмешательств в области локтевого сустава, а также при лечении эпифизиеолиза плечевой кости. Оценка оссификации отростков локтевой кости по компьютерной томографии при подозрении на наличие диспластических изменений по типу болезни медиального венечного отростка и не сращения крючковидного отростка возможна в возрасте 5,5 месяцев у собак породы лабрадор. Для получения более точных данных, касаемо сравнительной анатомии костей, образующих локтевой сустав, следует продолжить изучение настоящей темы, а также, для снижения погрешности измерений, следует провести исследования на группах в соответствии с полом животного.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF BONES FORMING THE ELBOW JOINT IN LABRADOR DOGS ACCORDING TO COMPUTED TOMOGRAPHY

Rybalkin S.M. – Postgraduate student of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0009-0001-5824-0547); **Shchipakin M.V.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-2960-3222)

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* Rybalckin.serj@yandex.ru

ABSTRACT

Service dogs in the Russian Federation play the most important role in the executive

authorities, performing complex tasks in which these trained animals are indispensable to this day. The most common service dog breeds on the territory of the Russian Federation participating in search, patrol, search, special, escort and guard activities are the German Shepherd, Belgian Shepherd, Spaniel, Labrador. Dysplasia of the elbow joint and injury with high-energy injuries, often has only surgical methods of treatment in dogs, it is necessary to develop the safest, most effective surgical approaches to the elbow joint with anatomical and topographic justification. The study was conducted in the network of veterinary centers "Kotonai" in St. Petersburg. The object of the study was dogs of the Labrador breed in the amount of 10 individuals. Research methods: morphometry, computed tomography. As a result of the study, it was found that the humerus has the lowest growth potential in the first age group, however, it has the largest area of epiphyseal zones, which may affect the planning of surgical interventions in the area of the elbow joint, as well as in the treatment of epiphysiolysis of the humerus. Evaluation of ossification of the processes of the ulna by computed tomography in case of suspected dysplastic changes in the type of disease of the medial coronary process and non-fusion of the hooked process is possible at the age of 5.5 months in Labrador dogs. To obtain more accurate data on the comparative anatomy of the bones forming the elbow joint, the study of this topic should be continued, and to reduce measurement errors, studies should be conducted on groups according to the sex of the animal.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Айсанов, З. М. Служебные качества разных пород собак / З. М. Айсанов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2015. – № 3(9). – С. 6-12.
2. Красноперова, Е. А. История развития служебного собаководства в России / Е. А. Красноперова, С. В. Захарченко, И. А. Щербаков // Экология: вчера, сегодня, завтра: Материалы всероссийской научно -практической конференции, Грозный, 30 октября 2019 года. – Грозный: Общество с ограниченной ответственностью "АЛЕФ", 2019. – С. 234-238.
3. Дочилова, Е. С. Нарушение функции опорно-двигательного аппарата у животных на примере ветеринарных клиник города Омска / Е. С. Дочилова, С. В. Чернигова, Ю. В. Чернигов // Омский научный вестник. – 2015. – № 2(144). – С. 207-209.
4. Рыбалкин, С. М. Клиническая анатомия локтевого сустава собаки в норме и патологии / С. М. Рыбалкин, М. В. Щипакин, С. И. Мельников // Устойчивое развитие агропромышленного комплекса как основа продовольственной безопасности: сборник материалов международной научной конференции, Смоленск, 07 декабря 2023 года. – Смоленск, 2023. – С. 333-338.
5. Мышцы плечевого пояса лисицы породы Бастард / Д. В. Васильев, В. А. Хватов, Ю. Ю. Бартенева, А. С. Стратонов // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 4. – С. 121-124. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2021.4.121.
6. Кухарева, Т. П. Особенности морфологии мышц краниолатеральной поверхности предплечья у енота-полоскуна (Procyon lotor) / Т. П. Кухарева, Д. С. Былинская // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Сборник статей молодых учёных, Караваево, 04 апреля 2024 года. – Караваево: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия", 2024. – С. 227-232.
7. Кухарева, Т. П. Флексоры локтевого сустава енота-полоскуна (Procyon Lotor) / Т. П. Кухарева, Д. С. Былинская // Морфология в XXI веке: теория, методология, практика: Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Москва, 24–26 апреля 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.

И. Скрябина», 2024. – С. 165-168.
8.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.
9.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. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.1.116.
10.Анатомо-топографические особенности строения локтевого нерва белой швейцарской овчарки / В. А. Хватов, М. В. Щипакин, Д. С. Былинская, А. С. Стратонов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2021. – № 4. – С. 161-164. – DOI 10.52419/issn2072-6023.2021.4.161.
11.Артериальное кровоснабжение области предплечья и кисти немецкой овчарки / А. В. Прусаков, М. В. Щипакин, Н. В. Зеленевский [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2019. – № 2. – С. 128-130.
12.Морфометрия нервных стволов грудной конечности йоркширского терьера / С. В. Вирунен, М. В. Щипакин, А. В. Прусаков [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2017. – № 2. – С. 27-29.
13.Fabre A., Cornette R. Do constraints associated with the locomotor habitat drive the evolution of forelimb shape? A case study in musteloid carnivorans [Text: direct] // Journal of Anatomy. - 2015. - №226. - P. 596-610.

REFERENCES

1. Aisanov, Z. M. Service qualities of different dog breeds / Z. M. Aisanov // Proceedings of the V.M. Kokov Kabardino-Balkarian State Agrarian University. – 2015. – № 3(9). – Pp. 6-12.
2. Krasnoperova, E. A. The history of the development of service dog breeding in Russia / E. A. Krasnoperova, S. V. Zakharchenko, I. A. Shcherbakov // Ecology: yesterday, today, tomorrow: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical conference, Grozny, October 30, 2019. – Grozny: ALEF Limited Liability Company, 2019. pp. 234-238.
3. Dochilova, E. S. Violation of the function of the musculoskeletal system in animals on the example of veterinary clinics in Omsk / E. S. Dochilova, S. V. Chernigov, Yu. V. Chernigov // Omsk Scientific Bulletin. – 2015. – № 2(144). – Pp. 207-209.
4. Rybalkin, S. M. Clinical anatomy the elbow joint of a dog in norm and pathology / S. M. Rybalkin, M. V. Shchipakin, S. I. Melnikov // Sustainable development of the agro-industrial complex as the basis of food security: proceedings of the international scientific conference, Smolensk, December 07, 2023. – Smolensk, 2023. – pp. 333-338.
5. Muscles of the shoulder girdle of the Bastard fox / D. V. Vasiliev, V. A. Khvatov, Yu. Yu. Barteneva, A. S. Stratonov // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2021. – No. 4. – pp. 121-124. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2021.4.121.
6. Kukhareva, T. P. Features of the morphology of the muscles of the craniolateral surface of the forearm in a striped raccoon (Procyon lotor) / T. P. Kukhareva, D. S. Bylinskaya // Actual issues of the development of science and technology: A collection of articles by young scientists, Karavaevo, April 04, 2024. Karavaevo: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kostroma State Agricultural Academy, 2024, pp. 227-232.
7. Kukhareva, T. P. Flexors of the elbow joint of the striped raccoon (Procyon lotor) / T. P. Kukhareva, D. S. Bylinskaya // Morphology in the 21st century: theory, methodology, practice: Proceedings of the Scientific and Practical International Conference, Moscow, April 24-26, 2024. Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K. I. Scriabin", 2024, pp. 165-168.
8. 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). – Pp. 114-119. – DOI 10.17238/ issn2071-2243.2016.3.114.
9. Vasiliev, D. V. Muscles of the elbow joint of the Bastard fox / D. V. Vasiliev, V. A. Khvatov, M. V. Shchipakin // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2022. – No. 1. – pp. 116-119. – DOI 10.52419/ issn2072-2419.2022.1.116.
10. Anatomical and topographic features of the ulnar nerve structure of the white Swiss Shepherd / V. A. Khvatov, M. V. Shchipakin, D. S. Bylinskaya, A. S. Stratonov // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2021. – No. 4. – pp. 161-164. – DOI 10.52419/issn2072-6023.2021.4.161.
11. Arterial blood supply to the forearm and hand area of the German Shepherd / A.V. Prusakov, M. V. Shchipakin, N. V. Zelenevsky [et al.] // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. – 2019. – No. 2. – pp. 128-130.
12. Morphometry of the nerve trunks of the thoracic limb of the Yorkshire terrier / S. V. Virunen, M. V. Shchipakin, A.V. Prusakov [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2017. – No. 2. – pp. 27-29.
13. Fabre A., Cornett R. Do the constraints associated with the locomotor environment affect the evolution of the shape of the forelimbs? A clinical case in marten predators [Text] // Journal of Anatomy. - 2015. - No. 226. - P. 596-610.

УДК: 611.714:636.71
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.244

МОРФОМЕТРИЯ ЧЕРЕПНОЙ ПОЛОСТИ СОБАК БРАХИЦЕФАЛИЧЕСКИХ ПОРОД

Былинская Д.С.* – канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0001-9997-5630); **Хватов В.А.** – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0001-5799-0816).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* goldberg07@mail.ru

Ключевые слова: *черепная полость, краниометрия, собаки, черепной индекс, брахицефалический тип.*

Key words: *cranial cavity, craniometry, dogs, cranial index, brachycephalic type.*

Поступила: 28.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Морфометрические исследования черепа у собак в основном направлены на изучение соотношения между лицевым и мозговым отделами у разных пород собак, их морфотипизации и анализу черепа в целом, без учета характеристики параметров черепной полости. У собак брахицефалических пород данные исследования имеют особую ценность в виду их склонности к нарушению мозгового кровообращения и повышению внутричерепного давления из-за особенностей строения черепа. Цель исследования – дать морфометрическую характеристику черепной полости собак брахицефалических пород. Метод исследования – компьютерная томография, в группу собак для исследования были включены собаки породы французский бульдог. Средний возраст животных, включенных в исследование, составил 4 года, все животные были старше 2 лет и не имели в анамнезе патологий области головы. Всего исследовано 12 собак. При проведении морфометрии определяли параметры максимальной ширины, высоты и длины черепной полости, аналогичные параметры мозгового отдела черепа, а также скуловой ширины и общей длины черепа. Полученные морфометрические данные использовали для расчета индексов, отражающих относительные параметры черепной полости. Из исследуемых параметров черепной полости наибольшим является показатель её длины, который в среднем достигает значения 6,57±0,33 см. Ширина черепной полости в 1,29 раза уступает значению длины, но в 1,06 раза превышает значение высоты черепной полости. Индекс черепной полости составляет 77,58. из исследуемых параметров мозгового отдела черепа аналогично измерениям черепной полости наибольшим является показатель её длины, который в среднем достигает значения 8,63±0,59 см. Однако, значения ширины и высоты находятся не в прямой взаимосвязи с аналогичными показателями черепной полости. Высота мозгового отдела в 1,35 раза меньше его длины и в 1,15 раза больше значения его ширины. Сравнение индексов, отражающих краниометрические показатели черепной полости и мозгового черепа находятся в прямой корреляции с абсолютными значениями.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Черепная полость (cavum cranii) служит вместилищем для головного мозга с его оболочками и сосудами [1]. В формировании черепной полости участвуют кости мозгового отдела черепа. У собак свод черепа (calvaria) образуют теменная и лобная кости, основание (basis) – затылочная и клиновидная кости, каудальная стенка – затылочная кость, ростральная стенка – решетчатая кость. Боковые стенки черепной полости формируются сращением отдельных частей лобной, височной, теменной и частично клиновидной костями. Дорсальную поверхность основания черепной полости принято делить на каудальную, среднюю и ростральную черепные ямки, границы между которыми точно определены структурами костей [2, 3]. Так за ростральную черепную ямку (fossa cranii rostralis) принимают пространство, ограниченное продырявленной пластинкой решетчатой кости и клиновидным гребнем пресфеноида. Средняя черепная ямка (fossa cranii media) занимает дорсальную поверхность базисфеноида и содержит значительное количество отверстий для выхода черепных нервов. Каудальная черепная ямка (fossa cranii caudalis) простирается от каудальной части спинки турецкого седла до большого отверстия затылочной кости [4].

Морфометрические исследования черепа у собак в основном направлены на изучение соотношения между лицевым и мозговым отделами у разных пород собак, их морфотипизации и анализу черепа в целом, без учета характеристики параметров черепной полости [5-7]. У собак брахицефалических пород данные исследования имеют особую ценность в виду их склонности к нарушению мозгового кровообращения и повышению внутричерепного давления из-за особенностей строения черепа [8].

Учитывая вышесказанное, мы поставили перед собой цель – дать морфометрическую характеристику черепной полости собак брахицефалических пород.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

В качестве основного метода исследования была выбрана компьютерная томография (Siemens Somatom Emotion-16) черепов собак брахицефалических пород. В группу собак для исследования были включены собаки породы французский бульдог. Средний возраст животных, включенных в исследование, составил 4 года, все животные были старше 2 лет и не имели в анамнезе патологий области головы. Всего исследовано 12 собак. Дешифровку компьютерно-томографического исследования и краниометрию проводили в компьютерной программе RadiAnt.

При проведении морфометрии определяли параметры максимальной ширины, высоты и длины черепной полости, аналогичные параметры мозгового отдела черепа, а также скуловой ширины и общей длины черепа.

При проведении краниометрии использовали следующие ориентиры:

- общая длина черепа (ОДЧ) – от ростральной точки резцовой кости до каудальной точки затылочного гребня;
- скуловая ширина (СШ) – между самыми латеральными точками скуловых дуг;
- ширина мозгового отдела (ШМ) – между самыми латеральными точками теменных костей;
- высота мозгового отдела (ВМ) – от самой дорсальной точки свода черепа до вентральной точки яремного отростка;
- длина мозгового отдела (ДМ) – от ростральной точки лобных костей до каудальной точки затылочного гребня;
- ширина черепной полости (ШЧ) – наибольшее расстояние между медиальными точками теменных костей;
- высота черепной полости (ВЧ) – наибольшее расстояние между основанием черепа и мозговой поверхностью свода;
- длина черепной полости (ДЧ) – наибольшее расстояние между мозговой поверхностью затылочной кости и решетчатой костью.

Полученные морфометрические данные использовали для расчета индексов,

отражающих относительные параметры черепной полости.

- черепной индекс – (СШ / ОДЧ) *100
- индекс мозгового черепа – (ШМ / ДМ) *100
- индекс черепной полости – (ШЧ / ДЧ) *100
- индекс длины мозгового черепа – (ДМ / ОДЧ)
- индекс длины черепной полости – (ДЧ / ОДЧ)

При анализе полученных морфометрических значений были рассчитаны описательные статистические данные (среднее значение, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) [9].

При указании анатомических терминов использовали международную ветеринарную анатомическую номенклатуру пятой редакции [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В ходе исследования измерения осуществляли в разных плоскостях. Определение параметров максимальной длины проводили в дорсальных и сагиттальных срезах, ширины – в дорсальных и поперечных срезах, высоты – в поперечных и сагиттальных срезах (Рисунок 1).

Данные, полученные при проведении морфометрии черепной полости исследуемых собак приведены в таблице 1.

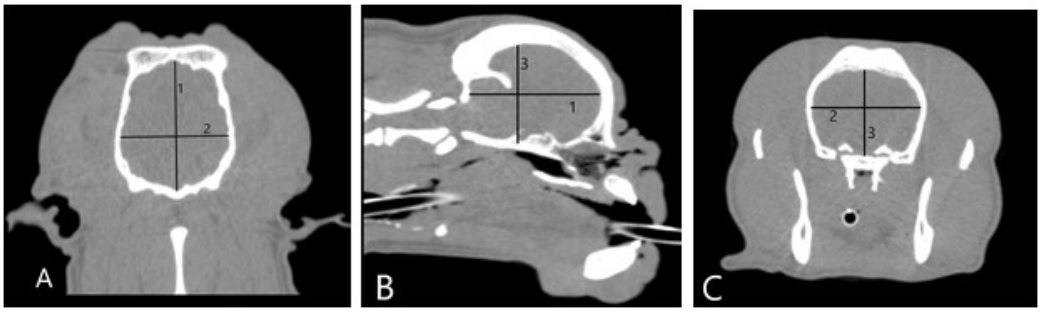


Рисунок 1 – Компьютерная томография головы французского бульдога: А – дорсальная плоскость; В – сагиттальная плоскость; С – поперечная плоскость. 1 – максимальная длина черепной полости; 2 – максимальная ширина черепной полости; 3 – максимальная высота черепной полости.

Таблица 1 – Морфометрические параметры черепной полости собак породы французский бульдог

Параметр	Минимальное значение, см	Максимальное значение, см	Среднее значение, см	Стандартное отклонение, см
Ширина черепной полости	4,45	5,63	5,10	0,49
Высота черепной полости	4,61	5,07	4,81	0,13
Длина черепной полости	5,92	6,99	6,57	0,33

Анализируя полученные данные, можно отметить, что из исследуемых параметров черепной полости наибольшим является показатель её длины, который в среднем достигает значения 6,57±0,33 см. Ширина черепной полости в 1,29 раза уступает значению длины, но в 1,06 раза превышает значение высоты черепной полости. Индекс черепной полости составляет 77,58.

Данные, полученные при проведении морфометрии черепной полости исследуемых собак приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Морфометрические параметры мозгового отдела черепа собак породы французский бульдог

Параметр	Минимальное значение, см	Максимальное значение, см	Среднее значение, см	Стандартное отклонение, см
Ширина мозгового отдела	4,92	6,32	5,58	0,55
Высота мозгового отдела	5,76	7,13	6,40	0,35
Длина мозгового отдела	7,63	9,05	8,63	0,59

Таблица 3 – Индексы черепной полости и мозгового черепа собак породы французский бульдог

Индекс	Формула	Значение
Черепной индекс	(СШ/ОДЧ) *100	90,85
Индекс мозгового черепа	(ШМ/ДМ) *100	64,71
Индекс черепной полости	(ШЧ/ДЧ) *100	77,58
Индекс длины мозгового черепа	ДМ/ОДЧ	0,70
Индекс длины черепной полости	ДЧ/ОДЧ	0,53

Анализируя полученные данные, можно отметить, что из исследуемых параметров мозгового отдела черепа аналогично измерениям черепной полости наибольшим является показатель её длины, который в среднем достигает значения 8,63±0,59 см. Однако, значения ширины и высоты находятся не в прямой взаимосвязи с аналогичными показателями черепной полости. Высота мозгового отдела в 1,35 раза меньше его длины и в 1,15 раза больше значения его ширины. Большая разница в параметре высоты черепной полости и высоты мозгового отдела обусловлена значительным развитием наружного сагиттального гребня, толщина которого достигает значения от 1,2 до 1,6 см. Индекс мозгового черепа составляет 64,71.

Для анализа не только абсолютных, но и относительных значений провели вычисление индексов черепной полости и мозгового черепа (таблица 3).

Высокое значение черепного индекса, как основной доминанты при определении типа черепа, указывает на отношение исследуемых собак к группе «экстремальных» брахицефалов. Согласно исследованиям [11] череп относят к брахицефалическому типу при значении ЧИ≥80-90. Сравнение индексов, отражающих краниометрические показатели черепной полости и мозгового черепа находятся в прямой корреляции с абсолютными значениями. Они обусловленными особенностями строения костей, формирующих крышу черепной полости.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Полученные в ходе исследования краниометрические данные характеризуют черепную полость собак брахицефалического типа на примере породы французский бульдог. Так, из трех параметров черепной полости и мозгового черепа наибольшее значение характерно для длины. Ширина черепной полости больше её высоты в 1,06 раза, в то время как высота мозгового черепа больше его ширины в 1,15 раза.

Полученные краниометрические параметры и индексы могут послужить базой при диагностике патологий черепной полости и головного мозга. Кроме того, служат отправными точками при изучении черепной полости у других пород собак.

MORPHOMETRY OF THE CRANIAL CAVITY OF BRACHYCEPHALIC DOGS

Bylinskaya D.S. * – Candidate of Vet. n., associate professor of the Department animal anatomy (ORCID 0000-0001-9997-

5630); **Khvatov V.A.** – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department. animal anatomy (ORCID: 0000 -0001-5799-0816).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* goldberg07@mail.ru

ABSTRACT

Morphometric studies of the skull in dogs are mainly aimed at studying the relationship between the facial and cerebral divisions in different breeds of dogs, their morphotyping and analysis of the skull as a whole, without taking into account the characteristics of the cranial cavity parameters. In dogs of brachycephalic breeds, these studies are of particular value in view of their tendency to impaired cerebral circulation and increased intracranial pressure due to the structural features of the skull. The purpose of the study is to provide a morphometric characterization of the cranial cavity of brachycephalic breed dogs. The research method is computed tomography, French Bulldog dogs were included in the group of dogs for the study. The average age of the animals included in the study was 4 years, all animals were over 2 years old and had no history of head pathology. A total of 12 dogs were examined. During morphometry, the parameters of the maximum width, height and length of the cranial cavity, similar parameters of the cerebral part of the skull, as well as the zygomatic width and total length of the skull were determined. The morphometric data obtained was used to calculate indices reflecting the relative parameters of the cranial cavity. Of the studied parameters of the cranial cavity, the largest is its length, which on average reaches a value of 6.57± 0.33 cm. The width of the cranial cavity is 1.29 times lower than the length, but 1.06 times higher than the height of the cranial cavity. The index of the cranial cavity is 77.58. of the studied parameters of the cranial region of the skull, similar to measurements of the cranial cavity, the largest is its length, which on average reaches a value of 8.63± 0.59 cm. However, the values of width and height are not directly correlated with similar indicators of the cranial cavity. The height of the cerebral region is 1.35 times less than its length and 1.15 times greater than its width. The comparison of indices reflecting the craniometric parameters of the cranial cavity and the cerebral skull is in direct correlation with the absolute values.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зеленевский, Н. В. Анатомия и физиология сельскохозяйственных животных: Учебник для СПО / Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин, К. Н. Зеленевский. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. – 448 с.
2. Анатомия собаки / Н. В. Зеленевский, К. В. Племяшов, М. В. Щипакин, К. Н. Зеленевский. – Санкт-Петербург: Информационно-консалтинговый центр, 2015. – 267 с.
3. Тяглова, И. Ю. Анатомия собаки / И. Ю. Тяглова, Р. И. Ситдиков, О. Т. Муллакаев. – Казань: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2021. – 72 с.
4. Васильев, Д. В. Кости основания черепа рыси евразийской / Д. В. Васильев, Н. В. Зеленевский // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – Т. 221, № 1. – С. 48-52.
5. Доценко, О. С. Сравнительная характеристика черепа собаки и волка / О. С. Доценко, Л. Р. Ахмадеева, Р. Ф. Ганиева // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 2-2. – С. 230.
6. Поплавская, К. Д. Морфометрия черепа собак разных пород / К. Д. Поплавская // Студенты - науке и практике АПК: материалы 104-й Международной научно -практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 23 мая 2019 года / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск: Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины ", 2019. – С. 183-184.
7. Иванов, Н. С. Морфотипы черепа со-

бак / Н. С. Иванов, Б. П. Шевченко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3 (11). – С. 171-173.
8. Борзенко, Е. В. Диагностические критерии краниовертебральных патологий у собак карликовых пород / Е. В. Борзенко, Ю. А. Ватников // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. – 2010. – № 2. – С. 22-27.
9. Гланц, Стенток. Медико-биологическая статистика [Текст]: пер. с англ./ С. Гланц. - М.: Практика, 1999. - 459 с.
10. Зеленевский, Н. В. Международная ветеринарная анатомическая номенклатура на латинском и русском языках. Nomina Anatomica Veterinaria. (пятая редакция): Учебники для вузов. Специальная литература / Н. В. Зеленевский; пер. и рус. терминология Н. В. Зеленевского. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2013. – 400 с.
11. H.E. Evans, A. de Lahunta Millers anatomy of the dog. - 4-е изд. - St. Louis, Missouri: ELSEVIER, 2013. - 850 с.

REFERENCES

1. Zelenevsky, N. V. Anatomy and physiology of farm animals: A textbook for vocational education / N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, K. N. Zelenevsky. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2022. – 448 p.
2. Anatomy of the dog / N. V. Zelenevsky, K. V. Plemyashov, M. V. Shchipakin, K. N. Zelenevsky. Saint Petersburg: Information and Consulting Center, 2015. 267 p.
3. Tyaglova, I. Y. Anatomy of the dog / I. Y. Tyaglova, R. I. Sitdikov, O. T. Mullakaev. Kazan: Bauman Moscow State Technical University (National Research University), 2021. 72 p.
4. Vasiliev, D. V. Bones of the base of the skull of the Eurasian lynx / D. V. Vasiliev, N. V. Zelenevsky // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. 2015. Vol. 221, No. 1. pp. 48-52.
5. Dotsenko, O. S. Comparative characteristics of the skull of a dog and a wolf / O. S. Dotsenko, L. R. Akhmadeeva, R. F. Ganieva // International Student Scientific Bulletin, 2015, No. 2-2, p. 230.
6. Poplavskaya, K. D. Morphometry of the skull of dogs of different breeds / K. D. Poplavskaya // Students in Science and Practice of Agriculture: proceedings of the 104th International Scientific and Practical Conference of Students and Undergraduates, Vitebsk, May 23, 2019 / Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. Vitebsk: Vitebsk Educational Institution of the Order of the Badge of Honor, State Academy of Veterinary Medicine, 2019. pp. 183-184.
7. Ivanov, N. S. Morphotypes of the skull of dogs / N. S. Ivanov, B. P. Shevchenko // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2006. – № 3(11). – Pp. 171-173.
8. Borzenko, E. V. Diagnostic criteria of craniovertebral pathologies in dogs of dwarf breeds / E. V. Borzenko, Yu. A. Vatnikov // Russian Veterinary Journal. Small domestic and wild animals. – 2010. – No. 2. – pp. 22-27.
9. Glantz, Stentok. Biomedical statistics [Text]: translated from English/ S. Glants. - M.: Practice, 1999. - 459 p.
10. Zelenevsky, N. V. International veterinary anatomical nomenclature in Latin and Russian. Nomina Anatomica Veterinaria. (Fifth edition): Textbooks for universities. Special literature / N. V. Zelenevsky ; translated and Russian terminology by N. V. Zelenevsky. Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2013. 400 p.
11. H.E.Evans, A. de Lahunta Millers anatomy of the dog. - 4th ed. - St. Louis, Missouri: ELSEVIER, 2013. - 850 p.

УДК: 636.2.034+636.08
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.250

ОСНОВНЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СВИНЕЙ ПОРОДЫ ДЮРОК В СРАВНЕНИИ С ИХ ТРЕХПОРОДНЫМИ ГИБРИДАМИ В ДИНАМИКЕ ОТКОРМА

Зайцев С. Ю.* – д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр., руководитель группы аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-1533-8680); **Колесник Н.С.** – мл. науч. сотр. отд. физиологии и биохимии с/х животных (ORCID: 0000-0002-4267-5300); **Савина А.А.** – мл. науч. сотр. гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-0257-1643); **Воронина О. А.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0002-6774-4288)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

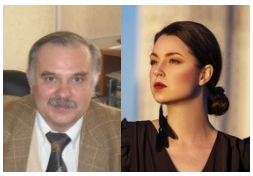
* s.y.zaitsev@mail.ru

Ключевые слова: *свиноводство, чистопородные свиньи, гибриды F2, биохимия крови, аминокислотный анализ*

Key words: *pig breeding, purebred pigs, F2 hybrids, blood biochemistry, amino acid analysis*

Финансирование: *Работа по разделам «Введение», 1 и 2 «Результаты и обсуждения» выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант №20-16-00032-П (соглашение №20-16-00032-П от 15.05.2023 г.) https://rscf.ru/project/20-16-00032/. Работа по разделам «Материалы и методы», 3 и 4 «Результаты и обсуждения» выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания (регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР FGGN-2024-0016).*

Поступила: 10.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В последнее десятилетие достигнуты значительные успехи в производстве свинины и российском свиноводстве в целом. Однако требуется интенсифицировать работы по установлению норм для основных биохимических (БХ) параметров крови товарных гибридов свиней, что явилось главной целью работы. Исследования проводились на хряках следующих групп: 1) породы дюрок на 60-65 день откорма (n=12), 2) гибридах дюрок×ландрас×крупная белая (F2) на 60-65 день откорма (n=19), 3) породы дюрок на 100-110 день откорма (n=18) и 4) гибридах дюрок×ландрас×крупная белая (F2) на 100-110 день откорма (n=27). Образцы крови брали из ушной вены в вакуумные пробирки с активатором свертывания крови для БХ-анализа и центрифугировали (15 мин. при 3000 об/мин.). БХ-анализ выполнен на анализаторе «ChemWell» (Awareness Technology, США). Концентрации аминокислот в сыворотке крови определяли методом ионообменной хроматографии на «ВЭЖХ LC-20 Prominence» (Shimadzu, Япония) с фирменной

колонкой и модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином «АРМ-1000» (Sevko&Co, Россия). Подготовка проб для анализа проводили по ГОСТ 32195-2013. Положительно, что основные белковые показатели крови у свиней породы дюрок и их гибридах F2 в разных возрастных группах являются достаточно стабильными, о чём свидетельствуют низкие и умеренные коэффициенты вариации (CV<20%). Показано, что с увеличение сроков откорма усиливаются тенденции к интенсификации всех видов обмена веществ, о чем свидетельствуют многочисленные корреляций между биохимическими и аминокислотными параметрами крови хряков групп 3 и 4 на момент окончания откорма (100-110 дней) по сравнению с группами 1 и 2 (период в 60-65 дней). Авторы считают, что установление связей между биохимическими параметрами крови свиней, с одной стороны, и их породными особенностями, и длительностью откорма, с другой стороны, имеет большое фундаментальное и практическое значение.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Домашняя свинья произошла от дикого кабана в результате многочисленных независимых одомашниваний примерно 9 тысяч лет назад, ввиду чего сформировалось большое разнообразие местных популяций свиней, хорошо адаптированных к региональным условиям окружающей среды. Со второй половины XX века интенсивная селекция и улучшение продуктивных качеств вели с использованием генетических методов, что коснулось относительно небольшого числа пород (крупной белой (КБ), дюрок (Д), ландрас (Л), йоркшир (Й) и т.д.) [1]. В результате селекции увеличился размер помета и его внутриутробная выживаемость [2,3,4]. Так, свиноматки (КБ×Л) ×Д показывают многоплодие в 12,9 голов [5], кроме того, в сравнении с другими гибридами они отличаются наибольшим содержанием общего белка в крови [6]. В свою очередь, условия промышленного выращивания требуют от животных соответствующей адаптации и повышенной устойчивости к стрессам. Показано [7], что высокопродуктивное стадо свиней, созданное путём поглотительного и воспроизводительного скрещивания свиноматок КБ породы с хряками Й, обладает повышенной устойчивостью к производственному стрессу и скоростью роста, а интенсивность роста поросят на откорме находится в большей зависимости от их чувствительности к стрессу, чем от живой массы при отъёме [7].

При этом все большее внимание уделяется оценке состояния здоровья свиней, её проводят комплексно с применением методов лабораторной диагностики. Поскольку ряд метаболитов в крови высокочувствителен к воздействию стресс факторов на организм свиней. Например, в исследовании [8] хронического теплового стресса (ТС) показано снижение уровня глюкозы в крови свиней. Помимо метаболитов углеводного обмена маркеры-кандидаты участвуют в метаболизме аминокислот, жирных кислот, аминов, метаболизме кишечного микробиома [8]. Показано [9], что вариабельность уровня в крови кальция и фосфора, в популяции немецкой породы ландрас, достаточно высокая. Это было исследовано [9] с использованием подходов однолокусного и мультилокусного общегеномного ассоциативного исследования. У свиней одного и того же возраста уровни Ca и P в крови значительно различаются между разными породами или даже внутри пород, что предполагает генетический вклад в изменчивость концентраций минералов. При этом авторы отмечают, что надежные оценки наследуемости показателей Ca и P в крови свиней пока недоступны [9].

Анализ аминокислот отдельная значимая область в исследовании продуктивных качеств и здоровья свиней, поскольку именно они обеспечивают ключевую питательную ценность и в значительной степени влияют на вкус и аромат мяса, придавая ему специфический вкус [10,11]. Так, гистидин, аргинин, метионин, валин, триптофан, тирозин, изолейцин, лейцин и фенилаланин горькие, в то время как аланин, серин, треонин, глицин, лизин, пролин и гидроксипролин

сладкие, а глутамат и аспартат натрия соленые, тогда как аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, гистидин и аспарагин кислые [10]. При этом исследованию аминокислотного состава крови свиней уделяется ограниченное внимание, которое вызвано конкретными вопросами, например, поиском путей адаптации к стрессам [12]. С развитием современных аналитических методов, накоплением значительного объема данных в области биохимических исследований учёные обнаружили, что при определённых условиях, таких как раннее отлучение, от матери, лактация, супоросность, травмы различной этиологии, инфекции, тепловой, холодовой, транспортировочный стресс, скорость синтеза заменимых аминокислот снижается [11]. Это привело к разработке новой концепции функциональных аминокислот в питании, которые выступают не только строительным материалом, но и могут регулировать ключевые метаболические пути, способствуя выживанию, росту, развитию, размножению, лактации и здоровью животных и человека [11]. При этом общепринятых и универсальных норм аминокислотного состава различных тканей свиней нет [13,14], а сравнительный анализ аминокислотного состава наиболее целесообразно проводить в условиях конкретного хозяйства, где проще всего создать одинаковые условия кормления и содержания для чистых пород и их гибридов. Например, в работе [15] сравнивали состав аминокислот молодняка чистопородных свиней ландрас, дюрок, йоркшир и их гибридов. В результате, в мышечной ткани трехпородых гибридов сумма заменимых и незаменимых аминокислот на 0,496%, 0,031% и на 0,364% и 0,111% больше, чем у чистопородных ландрасов и двухпородных гибридов, соответственно [15]. Петухова М.А. с соавторами [16] установили аминокислотный состав мяса свиней нескольких пород, в том числе – провели дополнительную оценку этих данных с «аминокислотным скором». В отдельных работах [17-23] указаны значения биохимических параметров и аминокислотного состава сыворотки крови свиней, которые формируют диапазон породных «референсных» значений, о чем будет подробное обсуждение в дальнейшем.

Целью работы являлся сравнительный анализ аминокислотного состава и биохимических параметров сыворотки крови свиней породы дюрок и их гибридов F2 (дюрок×ландрас×крупная белая) на 60-65 день на 100-110 день откорма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились на хряках следующих групп: 1) породы дюрок на 60 -65 день откорма (n=12), 2) гибридах F2 дюрок×ландрас×крупная белая на 60-65 день откорма (n=19), 3) породы дюрок на 100-110 день откорма (n=18) и 4) гибридах F2 дюрок×ландрас×крупная белая на 100-110 день откорма (n=27). Выборка формировалась из клинически здоровых животных с одинаковыми условиями содержания согласно зоогигиенических норм. Рацион для всего исследуемого поголовья хряков содержал: сухого вещества — 80%, обменной энергии — около 3250 ккал, сырого протеина — 13,10%, сырого жира — 2,17%, сырой клетчатки — 4,49%, лизина — 0,83%, метионина + цистеина — 0,51%, кальция — 0,51% и фосфора — 0,49%.

Протокол исследования на животных был одобрен биоэтической комиссией ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста (протокол № 2, от 20 марта 2023 года). Эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, использующихся для научных целей и принципам обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ N 498-ФЗ.

Образцы крови брали из ушной вены в вакуумные пробирки с активатором свертывания крови для биохимического анализа. Сыворотку получали центрифугированием в лабораторной центрифуге (СМ-12, Россия). Режим работы: 15 мин при 3000 об/мин.

Биохимический анализ выполнен на

автоматическом биохимическом анализаторе «ChemWell» (Awareness Technology, США) с применением реактивов фирм «Analyticon Biotechnologies AG» (Германия) и «Spinreact» (Испания). Способы определения: общего белка – биуретовым методом; альбумина — колориметрически с бромкрезоловым зеленым; глюкозы – ферментативным глюкозооксидазным методом; мочевины – по методу Бертло; креатинина – кинетическим методом Яффе; холестерина – ферментативно-колориметрическим методом [6].

Определение концентрации аминокислот в сыворотке крови осуществлялось методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нингидрином [19]. Оборудование: высокоэффективный жидкостной хроматограф LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), оснащенный реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином АРМ-1000 (Sevko&Co, Россия), колонка с ионообменной смолой (Sevko&Co, Россия). Длинны волн 570 нм и 440 нм. Подготовка проб для анализа в соответствии с ГОСТ 32195-2013. Для подготовки проб к анализу использовали кислотный гидролиз с добавлением норлейцина в качестве внутреннего стандарта. Оборудование для гидролиза: фторопластовые стаканы с завинчивающейся крышкой (СЕМ, США), термостат. Условия подготовки 110 °С в течение 24 часов.

Статистическую обработку вели в программах «R» и Microsoft Exel. Положение центра распределения данных и их разброс определяли в Microsoft Exel по следующему алгоритму: данные, «анализ данных», «описательная статистика». В результатах приводим: *M* – среднее значение, ±*m* – ошибку среднего, *Min* – минимум, *Max* – максимум и *Cv* – коэффициент вариации. Коэффициент вариации авторы рассчитывали, как среднеквадратичное отклонение, деленное на среднее выборочное значение признака, и выражали полученный результат в процентах. Проверка соответствия распределения данных нормальному распределению выполнена с помощью теста Колмогорова-Смирнова. Если статистика по данному тесту значима ($p<0,05$), гипотеза о соответствии полученного распределения нормальному отвергается. Далее в таблицах 1-4 жирным выделены значения **p** – для данных, где распределение соответствует нормальному.

Попарные сравнения выполнены для всех четырех групп. Всего сделано шесть попарных сравнений для четырех групп, параметрическими и непараметрическими методами. Для показателей, где значение $p>0,05$, во всех четырех группах, попарные сравнения выполнены однофакторным дисперсионным анализом. В качестве метода компенсации множественности использовали метод корректировки распределения – по Тьюки-Крамеру. Для показателей, где как минимум в одной группе для изучаемого показателя $p<0,05$ попарные сравнения выполнены с использованием критерия Краскела-Уоллиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

1. Анализ биохимических параметров и аминокислотного состава сыворотки крови чистопородных свиней и их гибридов на 60-65 день откорма

На первом этапе мы провели статистическую оценку полученных данных для анализа аминокислотного состава и биохимических параметров сыворотки крови свиней породы дюрок (группа 1) и гибридов дюрок×ландрас×крупная белая (F2, группа 2) на сроках откорма в 60-65 дней, (таблица 1 и 2).

При оценке полученных данных группы 1 по показателю коэффициент вариации низкая степень изменчивости ($Cv \leq 10\%$) установлена для следующих биохимических показателей: общий белок, альбумин, глюкоза, холестерин. Для всех изучаемых аминокислот в группе 1 наблюдаются высокие коэффициенты вариации ($20\%<Cv<30\%$). При проверке гипотезы о нормальности распределения по Колмогорову-Смирнову в группе 1, установлено, что только данные, полученные для глобулина, глюкозы, холестерина не соответствуют нормальному рас-

пределению, для большого массива остальных данных распределение соответствует нормальному.

В группе 2, для гибридов F2 оценка по показателю коэффициент вариации, показала, что низкой изменчивостью характеризуются такие биохимические показатели, как: общий белок, альбумины, холестерин. Причем большинство аминокислот (кроме пролина) в группе 2 также характеризуются низкой изменчивостью (C_V), что существенно отличается от данных по группе 1. Гипотеза о нормальности распределения подтверждается для большинства данных в выборке по группе 2, кроме альбуминов, холестерина, валина.

Таким образом, полученные данные для групп 1 и 2 укладываются в диапазоны породных «референсных» значений [17-23].

Таблица 1 – Биохимический и аминокислотный состав сыворотки крови свиней породы дюрок на 60-65 день откорма (n=12)

Показатель	*M*	±*m*	*Min*	*Max*	C_V, %	p
Общ белок, г/л	74,11	5,29	66,48	87,70	7,14	**0,082***
Альбумин, г/л	40,40	4,17	35,00	48,29	10,32	**0,169***
Глобулин, г/л	33,72	6,89	25,26	52,70	20,44	0,020*
Мочевина, мМ/л	7,62	1,66	5,10	9,71	21,75	**0,200***
Креатинин, мкМ/л	106,42	23,12	73,66	158,60	21,73	**0,200***
Глюкоза, мМ/л	5,35	0,57	4,38	6,11	10,67	0,049*
Холестерин, мМ/л	2,08	0,19	1,63	2,42	9,29	0,008*
Аспарагиновая кислота, г/100 мл	0,57	0,15	0,27	0,75	26,55	**0,200***
Треонин, г/100 мл	0,35	0,10	0,16	0,50	28,64	**0,058***
Серин, г/100 мл	0,33	0,13	0,02	0,50	39,47	**0,200***
Глутаминовая кислота, г/100 мл	0,90	0,24	0,42	1,13	26,18	**0,200***
Глицин, г/100 мл	0,23	0,07	0,10	0,33	29,41	**0,200***
Аланин, г/100 мл	0,47	0,13	0,20	0,60	26,80	**0,200***
Валин, г/100 мл	0,42	0,12	0,19	0,58	28,56	**0,200***
Изолейцин, г/100 мл	0,23	0,07	0,10	0,31	28,21	**0,200***
Лейцин, г/100 мл	0,68	0,18	0,31	0,86	26,83	**0,167***
Тирозин, г/100 мл	0,37	0,11	0,15	0,49	28,96	**0,200***
Фенилаланин, г/100 мл	0,42	0,12	0,17	0,53	28,85	**0,200***
Гистидин, г/100 мл	0,23	0,06	0,11	0,28	25,22	**0,200***
Лизин, г/100 мл	0,63	0,17	0,28	0,79	27,10	**0,102***
Аргинин, г/100 мл	0,41	0,12	0,18	0,56	28,74	**0,123***
Пролин, г/100 мл	0,29	0,08	0,14	0,39	26,71	**0,200***

*Примечание: M – среднее значение, ±m – ошибка среднего, Min – минимум, Max – максимум, Cv – коэффициент вариации, p – уровень значимости для оценки нормальности распределения при α=0,05 по Колмогорову-Смирнову, где указано *«данный тест выполнен в модификации Лильефорса».*

Таблица 2 – Биохимический и аминокислотный состав сыворотки крови свиней породы дюрок×ландрас×крупная белая на 60-65 день откорма (n=19)

Показатель	*M*	±*m*	*Min*	*Max*	C_V, %	p
Общ белок, г/л	58,13	2,95	51,00	61,60	5,08	**0,058**
Альбумин, г/л	34,26	2,07	29,40	37,90	6,03	0,042
Глобулин, г/л	23,86	2,98	17,00	28,80	12,48	**0,200***
Мочевина, мМ/л	3,67	0,98	1,83	5,21	26,73	**0,200***
Креатинин, мкМ/л	112,70	12,10	96,14	140,66	10,74	**0,200***
Глюкоза, мМ/л	5,48	0,88	3,78	6,99	16,08	**0,200***
Холестерин, мМ/л	2,79	0,21	2,50	3,21	7,63	0,009
Аспарагиновая кислота, г/100 мл	0,61	0,02	0,56	0,65	3,83	**0,200***
Треонин, г/100 мл	0,26	0,02	0,23	0,30	6,96	**0,200***
Серин, г/100 мл	0,39	0,02	0,34	0,42	5,08	**0,200***
Глутаминовая кислота, г/100 мл	0,88	0,03	0,82	0,95	3,75	**0,200***
Глицин, г/100 мл	0,16	0,01	0,14	0,18	5,24	**0,200***
Аланин, г/100 мл	0,43	0,02	0,39	0,45	3,87	**0,200***
Валин, г/100 мл	0,43	0,02	0,38	0,46	4,74	0,023
Изолейцин, г/100 мл	0,23	0,01	0,21	0,24	4,27	**0,085**
Лейцин, г/100 мл	0,65	0,03	0,58	0,69	4,18	**0,200***
Тирозин, г/100 мл	0,34	0,02	0,30	0,36	5,09	**0,174**
Фенилаланин, г/100 мл	0,39	0,02	0,35	0,43	5,01	**0,200***
Гистидин, г/100 мл	0,22	0,02	0,19	0,25	6,9	**0,200***
Лизин, г/100 мл	0,60	0,03	0,52	0,65	5,54	**0,200***
Аргинин, г/100 мл	0,40	0,03	0,35	0,44	6,54	**0,200***
Пролин, г/100 мл	0,27	0,03	0,23	0,31	10,17	**0,085**

*Примечание: M – среднее значение, ±m – ошибка среднего, Min – минимум, Max – максимум, Cv – коэффициент вариации, p – уровень значимости для оценки нормальности распределения при α=0,05 по Колмогорову-Смирнову, где указано *«данный тест выполнен в модификации Лильефорса».*

2. Анализ биохимических параметров и аминокислотного состава сыворотки крови чистопородных свиней и их гибридов на 100-110 день откорма

На втором этапе статистическая оценка была выполнена для данных анализа полученных в результате аминокислотного и биохимического анализов в сыворотке крови свиней породы дюрок (группа 3) и гибридов Д×Л×КБ (F2, группа 4) на сроках откорма в 100-110 дней (таблицs 3 и 4).

При оценке полученных данных по показателю коэффициент вариации низкая степень изменчивости (*Cv* < 10%) установлена для общего белка, альбумина, мочевины. Почти для всех изучаемых аминокислот в группе 3 наблюдаются коэффициенты вариации, не превышающие 20%, за исключением серина и пролина. При проверке гипотезы о нормальности распределения по Колмогорову-Смирнову в группе 3, установлено, что распределение данных, полученных в

результате биохимического анализа, соответствует нормальному, тогда как распределение для почти всех аминокислот отличается от нормального. Исключение составили такие аминокислоты как, аспарагиновая кислота, треонин, глицин, аланин, аргинин.

При оценке полученных данных по показателю коэффициент вариации низкая степень изменчивости (*Cv* < 10%) установлена для общего белка, альбуминов, глобулинов, большинства изученных аминокислот, кроме: аргинина, пролина, гистидина, серина. Проверка гипотезы о нормальности распределения по Колмогорову-Смирнову в группе 4, подтверждает их нормальное распределение для большинства показателей, кроме общего белка, альбуминов, мочевины, треонина, серина. Полученные данные соответствуют диапазону породных «референсных» значений, указанных в работах других авторов [17-23].

Таблица 3 – Биохимический и аминокислотный состав сыворотки крови свиней породы дюрок на 100-110 день откорма (n=18)

Показатель	*M*	±*m*	*Min*	*Max*	C_V, %	p
Общ белок, г/л	72,06	3,62	65,56	77,94	5,02	**0,200***
Альбумин, г/л	37,44	2,57	31,94	41,10	6,88	**0,200***
Глобулин, г/л	34,63	3,84	28,81	43,32	11,10	**0,200***
Мочевина, мМ/л	8,49	0,79	5,50	8,74	9,31	**0,000**
Креатинин, мкМ/л	101,88	17,10	72,19	129,86	16,79	**0,200***
Глюкоза, мМ/л	5,11	1,41	2,32	7,03	27,51	**0,200***
Холестерин, мМ/л	2,49	0,31	2,11	2,98	12,29	**0,058**
Аспарагиновая кислота, г/100 мл	0,63	0,10	0,47	0,85	15,73	**0,074**
Треонин, г/100 мл	0,38	0,06	0,28	0,50	14,82	**0,059**
Серин, г/100 мл	0,41	0,13	0,29	0,90	32,00	0,000
Глутаминовая кислота, г/100 мл	0,96	0,14	0,70	1,10	14,04	0,001
Глицин, г/100 мл	0,27	0,05	0,18	0,38	17,91	**0,200***
Аланин, г/100 мл	0,44	0,05	0,34	0,51	11,34	**0,099**
Валин, г/100 мл	0,45	0,06	0,33	0,54	14,16	0,041
Изолейцин, г/100 мл	0,25	0,04	0,18	0,28	14,57	0,001
Лейцин, г/100 мл	0,71	0,10	0,52	0,81	13,81	0,000
Тирозин, г/100 мл	0,41	0,06	0,30	0,51	14,85	0,026
Фенилаланин, г/100 мл	0,44	0,06	0,32	0,50	13,72	0,000
Гистидин, г/100 мл	0,25	0,03	0,17	0,28	13,51	0,000
Лизин, г/100 мл	0,65	0,09	0,46	0,74	13,50	0,015
Аргинин, г/100 мл	0,42	0,06	0,31	0,50	14,95	**0,142**
Пролин, г/100 мл	0,32	0,10	0,23	0,68	31,43	0,006

*Примечание: M – среднее значение, ±m – ошибка среднего, Min – минимум, Max – максимум, Cv – коэффициент вариации, p – уровень значимости для оценки нормальности распределения при α=0,05 по Колмогорову-Смирнову, где указано *«данный тест выполнен в модификации Лильефорса».*

Таблица 4 – Биохимический и аминокислотный состав сыворотки крови свиней породы дюрок×ландрас×крупная белая на 100-110 день откорма (n=27)

Показатель	*M*	±*m*	*Min*	*Max*	C_V, %	p
Общ белок, г/л	73,13	6,13	53,50	79,50	8,38	0,004
Альбумин, г/л	39,03	3,56	27,40	43,00	9,13	0,000
Глобулин, г/л	34,10	3,16	26,10	38,80	9,26	**0,179**
Мочевина, мМ/л	6,04	1,12	2,59	6,92	18,49	0,000
Креатинин, мкМ/л	145,48	20,79	96,89	172,71	14,29	**0,136**
Глюкоза, мМ/л	2,78	0,77	1,54	4,06	27,67	**0,123**
Холестерин, мМ/л	2,13	0,36	1,20	2,85	16,74	**0,081**
Аспарагиновая кислота, г/100 мл	0,62	0,04	0,53	0,68	6,47	**0,200***
Треонин, г/100 мл	0,32	0,03	0,27	0,39	10,00	0,002
Серин, г/100 мл	0,35	0,05	0,28	0,47	14,14	0,040
Глутаминовая кислота, г/100 мл	1,00	0,09	0,84	1,17	8,51	**0,200***
Глицин, г/100 мл	0,27	0,02	0,22	0,30	7,99	**0,104**
Аланин, г/100 мл	0,44	0,04	0,36	0,51	9,22	**0,200***
Валин, г/100 мл	0,49	0,04	0,42	0,58	7,81	**0,200***
Изолейцин, г/100 мл	0,27	0,02	0,22	0,32	9,12	**0,140**
Лейцин, г/100 мл	0,81	0,06	0,70	0,91	7,69	**0,060**
Тирозин, г/100 мл	0,44	0,04	0,38	0,51	8,01	**0,200***
Фенилаланин, г/100 мл	0,49	0,04	0,42	0,54	7,43	**0,200***
Гистидин, г/100 мл	0,30	0,03	0,24	0,36	11,18	**0,200***
Лизин, г/100 мл	0,67	0,06	0,57	0,79	8,67	**0,200***
Аргинин, г/100 мл	0,50	0,07	0,39	0,67	13,51	**0,099**
Пролин, г/100 мл	0,39	0,06	0,31	0,52	16,13	**0,053**

*Примечание: M – среднее значение, ±m – ошибка среднего, Min – минимум, Max – максимум, Cv – коэффициент вариации, p – уровень значимости для оценки нормальности распределения при α=0,05 по Колмогорову-Смирнову, где указано *«данный тест выполнен в модификации Лильефорса».*

3. Статистически значимые различия в группах.

Для показателей: креатинин, аспарагиновая кислота, глицин, аланин, аргинин – распределение соответствовало закону о нормальном распределении. Сравнительный анализ этих данных выполнен однофакторным дисперсионным анализом с поправкой Тьюки-Крамера. Остальные данные, для которых закон о нормальном распределении хотя бы в одной из групп не находил подтверждения, сравнительный анализ выполнен на основе критерия Краскела-Уоллиса.

3.1. Обнаружены статистически значимые различия между чистопородными свиньями (породы дюрок) и гибридами Д×Л×КБ при каждом из указанных интервалов дней откорма.

Для чистопородных свиней (дюрок, группа 1) по сравнению с гибридами Д×Л×КБ (группа 2) за 60-65 дней откорма

наблюдали несколько большие значения по следующим показателям: общий белок на 21,6% или на 15,98 г/л (p<0,001), альбумины на 15,2% или на 6,14 г/л (p<0,001), глобулины на 29,2% или на 9,86 г/л, (p=0,001), мочевина на 51,8% или на 3,95 мМ/л (p=0,001), треонин на 12,1% или на 0,09 г/100 мл (<0,001), глицин на 30,4% или на 0,07 г/100 мл (p=1,92E-13), аланин на 8,5% или на 0,04 г/100 мл (p=0,028), лизин на 4,8% или на 0,03 г/100 мл, (p=0,041). Следовательно, сравнительный анализ показателей белково-аминокислотного состава сыворотки крови чистопородных свиней по сравнению с гибридами Д×Л×КБ является очень информативным и подчеркивает особенности в физиолого-биохимическом статусе гибридных животных по сравнению с чистопородными свиньями.

Для гибридов Д×Л×КБ (группа 2) по сравнению с группой 1 в те же сроки откорма наблюдали некоторое увеличение уровня холестерина на 34,1% или на 0,71 мМ/л (p<0,001). Даже этот единственный факт является не совсем положительной тенденцией в изменении физиолого-биохимического статуса гибридных животных по сравнению с чистопородными свиньями, т.к. современное общество предпочитает относительно постное мясо, даже применительно к свинине.

Для чистопородных свиней (дюрок) в 100-110 дней откорма (группа 3) наблюдали достоверные и несколько большие значения по следующим показателям: мочевина 32,2% или на 2,45 мМ/л (p=0,001), глюкоза на 43,6% или на 2,33 мМ/л (p<0,001), холестерин на 17,3% или на 0,36 мМ/л (p=0,011), серин на 18,2% или на 0,06 г/100 мл (p=0,045).

Для гибридов Д×Л×КБ в 100-110 дней откорма (группа 4) обнаружили достоверное увеличение значений по следующим показателям: креатинин на 41,0% или на 43,6 мкМ/л (p=1,88E-11), изолейцин на 8,7% или на 0,02 г/100 мл (p=0,042), лейцин на 14,7% или на 0,10 г/100 мл (p=0,006), гистидин на 21,7% или на 0,05 г/100 мл (p=0,006), аргинин на 19,5% или на 0,08 г/100 мл (p=8,14E-06), пролин на 24,1% или на 0,07 г/100 мл (p=0,004). Таким образом, для гибридов Д×Л×КБ на 100-110 днях откорма (группа 4) обнаружили больше достоверных и значительных изменений уровня биохимических и аминокислотных показателей сыворотки крови, чем для чистопородных свиней, что является положительной тенденцией на завершающем этапе откорма.

3.2. Показаны статистически значимые различия для групп 1-4 на разных сроках откорма.

Для чистопородных свиней (дюрок) на разных сроках откорма (группы 1 и 3) статистически значимые различия по биохимическим показателям, установлены только по уровню холестерина, с возрастом его значения в крови увеличиваются на 19,7% или на 0,41 мМ/л (p=0,005). Среди аминокислот только по уровню глицина, который, напротив, выше в группе 1 на 7,4% или на 0,04 г/100 мл (p=1,92E-13, т.е. очень меньше 0,001). Следовательно, биохимический и аминокислотный анализ состава сыворотки крови чистопородных свиней является малоинформативным.

Напротив, для гибридов Д×Л×КБ на разных сроках откорма (группы 2 и 4) установлены достоверные и значительные изменения уровня большинства биохимических и аминокислотных показателей сыворотки крови. Например, повышение уровня следующих показателей в группе 4 (по сравнению с группой 2): общего белка на 20,2% или на 15,0 г/л (p<0,001), альбуминов на 11,8% или на 4,77 г/л (p<0,001), глобулинов на 30,4% или на 10,2 г/л (p<0,001), мочевины на 31,1% или на 2,37 мМ/л (p=0,002), креатинина на 30,8% или на 32,8 мкМ/л (p=1,88E-11, т.е. очень меньше 0,001), треонина на 17,1% или на 0,06 г/100 мл (p=0,001), глутаминовой кислоты на 13,3% или на 0,12 г/100 мл (p<0,001), глицина на 47,8% или на 0,11 г/100 мл (p=1,92E-13, т.е. очень меньше 0,001), валина на 14,3% или на 0,06 г/100 мл (p<0,001), изолейцина на 17,4% или на 0,04 г/100 мл (p<0,001), лейцина на 23,5% или на 0,16 г/100 мл (p<0,001), тирозина на 27,0% или на 0,10 г/100 мл (p<0,001), фенилаланина на 23,8% или на

0,10 г/100 мл (p<0,001), гистидина на 34,8% или на 0,08 г/100 мл (p<0,001), лизина на 11,1% или на 0,07 г/100 мл (p=0,001), аргинина на 24,4% или на 0,10 г/100 мл (p=8,14E-06, т.е. очень меньше 0,001), пролина на 41,4% или на 0,12 г/100 мл (p<0,001). Следовательно, анализ показателей белково-аминокислотного состава сыворотки крови чистопородных свиней является очень информативным и подчеркивает положительные тенденции в физиолого-биохимическом статусе животных с увеличением продолжительности откорма. Отдельные показатели крови свиней исследовались и ранее, но не системно и без должной статистической обработки. Интересно, что авторы работы [20] нашли достоверную взаимосвязь между содержанием общего белка в крови и живой массой поросят только при постановке на откорм. Однако, по их данным, в середине и конце откорма соответствующей корреляции не обнаружено.

Два биохимических показателя для гибридов Д×Л×КБ достоверно выше в группе 2 (на сроках откорма в 60-65 дней) по сравнению с группой 4 (на сроках откорма в 100-110 дней) – это холестерин на 31,7% или на 0,66 мМ/л (p<0,001) и глюкоза на 50,5% или на 2,7 мМ/л (p<0,001). Это указывает на понижение уровня липидного и углеводного обменов с увеличением продолжительности откорма. Такие особенности являются новыми и значимыми для практики свиноводства.

4. Возрастные и породные особенности показателей крови свиней.

Большая часть не только статистически значимых, но и важных, для оценки физиолого-биохимическом статуса животных, различий в данной работе связана с показателями, отражающими основные типы обменов веществ. Это уровень общего белка, альбуминов, глобулинов, мочевины, креатинина и ключевых аминокислот (белково-аминокислотный обмен), холестерина (липидный обмен) и глюкозы (углеводный обмен). В 60-65 дней откорма для чистопородных свиней (дюрок, группа 1) уровень метаболитов белка был статистически значимо выше в сравнении с их гибридами Д×Л×КБ (группа 2). Тогда как по уровню холестерина группа 2 превосходила группу 1. При прочих равных условиях содержания и кормления, а также с учетом подбора в группы «клинически» здоровых животных – по принципу пар-аналогов, мы рассматриваем следующие биохимические обоснования для того, чтобы объяснить полученные данные. Более интенсивный уровень транспорта белков из депо крови к мышечной ткани у гибридов Д×Л×КБ, при этом в динамике откорма данная разница нивелируется к 100-110 дням откорма. Обнаруженное изменение уровня креатинина может быть связано с большей энергоемкостью мышечной ткани гибридов по сравнению с чистопородными животными. Это свидетельствует о значительных отличиях в уровнях белкового метаболизма у свиней породы дюрок (группа 1) и их гибридов (группа 2), которые носят разнонаправленный характер.

Ряд авторов (Фомичев Ю.П., Боголюбова Н.В., Некрасов Р.В. и другие сотрудники ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста) за последние годы провели несколько работ [21,22] по изучению белкового, азотистого, углеводно-липидного и минерального обмена у свиней в связи с их ростом и действием моделируемого стресса (МС) на фоне применения ряда антиоксидантных препаратов на основе дигидрокверцетина и селена [21,22]. Эти исследования показали значительные различия в показателях крови свиней как между группами свиней, так и по периодам откорма, что связано с изменениями в уровне метаболитов при этих обменах [21,22]. Известно, что уровень общего белка и его фракций в сыворотке крови характеризует интенсивность и направленность белкового обмена и тесно связан с ростом, влиянием факторов среды и составом рациона [6]. В данных работах [21,22] у свиней всех групп перед постановкой на откорм содержание общего белка в сыворотке крови колебалось от 65,8 до 73,1 г/л [21,22], находясь в пределах физиологической нормы, равной 55-82 г/л [6]. То же наблюдалось и по содер-

жания альбуминов (А) и глобулинов (Г) — соответственно 36,7-38,7 и 29,1-43,4 г/л [21,22] при физиологической норме 19-43 и 26-57 г/л [6]. Примечательно, что для глюкозы не было обнаружено статистически значимой разницы между группами, за счет жесткой гормональной регуляции уровня глюкозы в крови в узком интервале концентраций.

Об эффективности использования аминокислот в биосинтетических процессах [6] можно косвенно судить по изменению концентрации мочевины в плазме крови [23]. Следовательно, анализ показателей белково-аминокислотного состава сыворотки крови чистопородных свиней является очень информативным и подчеркивает положительные тенденции в физиолого-биохимическом статусе животных с увеличением продолжительности откорма.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, установлены прочные взаимосвязи между биохимическими параметрами крови свиней, с одной стороны, и их породными особенностями, и длительностью откорма, с другой стороны, что имеет большое фундаментальное и практическое значение. Обнаружены статистически значимые отличия для хряков следующих групп: 1) породы дюрок на 60-65 день откорма (n=12), 2) гибридах дюрок×ландрас×крупная белая (F2) на 60-65 день откорма (n=19), 3) породы дюрок на 100-110 день откорма (n=18) и 4) гибридах дюрок×ландрас×крупная белая (F2) на 100-110 день откорма (n=27). Положительно, что белковые показатели крови у свиней разных породных и возрастных групп являются достаточно стабильными, о чём свидетельствуют низкие и умеренные коэффициенты вариации (C_V<20%). Показано, что с увеличение сроков откорма усиливаются тенденции к интенсификации всех видов обмена веществ, о чем свидетельствуют многочисленные корреляций между биохимическими и аминокислотными параметрами крови хряков групп 3 и 4 на момент окончания откорма (100-110 дней) по сравнению с группами 1 и 2 (период в 60-65 дней). Для дальнейшего развития этого направления требуется интенсифицировать работы по регламентации «референсных значений» основных биохимических параметров крови товарных гибридов свиней, в чем видится существенный вклад данной работы.

MAIN BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD OF DUROC PIGS IN COMPARISON WITH THEIR THREE-BREED HYBRIDS DURING FATTENING PERIOD

Zaitsev S. Yu. * – Doctor of Chemical Sciences, Doctor of Biological Sciences, leading researcher, Head of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-1533-8680); **Kolesnik N. S.** – Junior Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of farm animals (ORCID 0000-0002-4267-5300); **Savina A. A.** – Junior Researcher, of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-0257-1643); **Voronina O. A.** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0002-6774-4288)

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

* s.y.zaitsev@mail.ru

Financing: *The work in the sections "Introduction", 1 and 2 "Results and Discussion" was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, grant No. 20-16-00032-P (agreement No. 20-16-00032-P dated 05/15/2023) https://rscf.ru/project/20-16-00032/. The work in the sections, "Materials and Methods", 3 and 4 "Results and Discussion" was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the state assignment (EGISU registration number of the research topic FGGN-2024-0016).*

ABSTRACT

In the last decade, significant progress has been achieved in pork production and Russian pig farming in general. However, it

is necessary to intensify work on establishing standards for the main biochemical (BC) parameters of the blood of commercial pig hybrids, which was the main goal of the work. The studies were conducted on boars of the following groups: 1) Duroc breed on the 60-65th day of fattening (n=12), 2) F2 Duroc×Landrace×Large White hybrids on the 60-65th day of fattening (n=19), 3) Duroc breed on the 100-110th day of fattening (n=18) and 4) F2 Duroc×Landrace×Large White hybrids on the 100-110th day of fattening (n=27). Blood samples were taken from the ear vein into vacuum tubes with a blood coagulation activator for biochemical coagulation analysis and centrifuged (15 min at 3000 rpm). Biochemical coagulation analysis was performed on a ChemWell analyzer (Awareness Technology, USA). Amino acid concentrations in blood serum were determined by ion-exchange chromatography on a HPLC LC-20 Prominence (Shimadzu, Japan) with a proprietary column and a module for post-column derivatization with ninhydrin ARM-1000 (Sevko&Co, Russia). Samples for analysis were prepared according to GOST 32195-2013. It is positive that the main protein indices of blood in Duroc pigs and their F2 hybrids in different age groups are quite stable, as evidenced by low and moderate variation coefficients (CV<20%). It is shown that with an increase in the fattening period, the tendencies to intensify all types of metabolism increase, as evidenced by numerous correlations between the biochemical and amino acid parameters of blood of boars of groups 3 and 4 at the end of fattening (100-110 days) compared to groups 1 and 2 (a period of 60-65 days). The authors believe that establishing relationships between the biochemical parameters of pig blood, on the one hand, and their breed characteristics and fattening duration, on the other hand, is of great fundamental and practical importance.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Poklukar K., Čandek-Potokar M., Batorek Lukač N., Tomažin U., Škrlep M. Lipid deposition and metabolism in local and modern pig breeds: A review. *Animals*, 2020;10 (3):424. DOI: 10.3390/ani10030424.
2. Воронина О.А., Зайцев, С. Ю. Характеристики эритропоэза у свиноматок в различные периоды производственного цикла. *Международный вестник ветеринарии*. 2023;(4):227-235. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.4.227.
3. Freking B.A., Lents C.A., Vallet J.L. Selection for uterine capacity improves lifetime productivity of sows. *Animal reproduction science*. 2016;167:16-21. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.01.018.
4. Zaitsev S.Y., Belous A.A., Voronina O.A., Rykov R.A., Bogolyubova N.V. Correlations between antioxidant and biochemical parameters of blood serum of duroc breed pigs. *Animals*. 2021;11(8):2400. DOI: 10.3390/ani11082400.
5. Казанцева Н.П., Краснова О.А., Васильева М.И., Хардина Е.В. Воспроизводительные качества гибридных свиноматок при скрещивании с хряками породы дюрок. *Аграрный вестник Урала*. 2020;199 (08):43–50. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-43-50.
6. Зайцев С.Ю., Боголюбова Н.В., Молянова Г.В. *Биохимический анализ крови ряда пород свиней и их гибридов*. Москва: Сельскохозяйственные технологии; 2022. 256 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/z22-20.
7. Бекенёв В.А., Фролова В.И., Большакова И.В., Фролова Ю.В., Деева В.С., Итэсь Ю.В. Стресс-устойчивость чистопородных и помесных свиней разных породных сочетаний. *Инновации и продовольственная безопасность*. 2021;(4):86-93. doi.org/10.31677/2072-6724-2021-34-4-88-96.
8. Cui Y., Wang C., Hao Y., Gu X., Wang H. (2019). Chronic heat stress induces acute phase responses and serum metabolome changes in finishing pigs. *Animals*. 2019;9 (07):395. DOI: 10.3390/ani9070395.
9. Reyer H., Oster M., Wittenburg D., Murani E., Ponsuksili S., Wimmers K. Genetic contribution to variation in blood calcium, phosphorus, and alkaline phosphatase activity in pigs. *Frontiers in genetics*. 2019;10:590. DOI: 10.3389/fgene.2019.00590.
10. Ma X., Yu M., Liu Z., Deng D., Cui Y.,

Tian Z., Wang G. Effect of amino acids and their derivatives on meat quality of finishing pigs. *Journal of food science and technology*. 2020;57:404-412. DOI: 10.1007/s13197-019-04077-x.
11. Zhang Q., Hou Y., Bazer F.W., He W., Posey E.A., Wu G. *Amino Acids in Swine Nutrition and Production. Amino Acids in Nutrition and Health. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Cham: Springer. 2021. 81-107 pp. DOI: 10.1007/978-3-030-54462-1_6.
12. Spring S., Premathilake H., Bradway C., Shili C., DeSilva U., Carter S., Pezeshki A. Effect of very low-protein diets supplemented with branched-chain amino acids on energy balance, plasma metabolomics and fecal microbiome of pigs. *Scientific Reports*.2020;10(1):15859. DOI: 10.1038/s41598-020-72816-8.
13. Karau A., Grayson I. *Amino acids in human and animal nutrition*. *Biotechnology of food and feed additives*. Heidelberg: Springer. 2014.189-228 pp. DOI: 10.1007/10_2014_269.
14. Akram M. et al. Amino acids: A review article. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011;5(17):3997-4000.
15. Морозова Л. А. и др. Аминокислотный состав мышечной ткани чистопородных и гибридных свиней в условиях континентального климата России. *Аграрный вестник Урала*. 2019;10(189):40-46. DOI 10.32417/
article_5db430cb30bca8.95126056.
16. Петухова М. А. Аминокислотный состав и биологическая ценность белков мяса свиней различных генотипов. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2016;59(2):118-123.
17. Gondret F. et al. Flash dietary methionine supply over growth requirements in pigs: Multi-facetted effects on skeletal muscle metabolism. *Animal*. 2021;15(7):100268. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100268.
18. Conde-Aguilera J. A., Cobo-Ortega C., Mercier Y., Tesseraud S., Van Milgen J. The amino acid composition of tissue protein is affected by the total sulfur amino acid supply in growing pigs. *Animal*. 2014;8(3):401-409. DOI: 10.1017/S1751731113002425.
19. Zaitsev S.Y., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Correlations between the major amino acids and biochemical blood parameters of pigs at controlled fattening duration. *Molecules*. 2022;27(7): 2278. DOI: 10.3390/molecules27072278.
20. Черных А.В., Черных Н.М. Связь между продолжительностью откорма поросят и биохимическим составом крови. *Молодой учёный (Ежемесячный научный журнал)* 2012;38(3):489-491.
21. Фомичев Ю.П., Боголюбова Н.В., Некрасов Р.В., Чабаев М.Г., Рыков Р.А., Семенова А.А. Физиолого-биохимические эффекты двух кормовых антиоксидантов при моделировании технологического стресса у свиней (*Sus scrofa domesticus* Erxleben, 1777). *Сельскохозяйственная биология*, 2020;55 (4):750-769. doi: 10.15389/agrobiology.2020.4.750rus
22. Некрасов Р.В., Боголюбова Н.В., Остренко К.С., Чабаев М.Г., Кутьин И.В., Лахонин П.Д., Семенова А.А., Пчелкина В.А., Насонова В.В., Лоскутов С.И., Рыков Р.А., Прытков Ю.А. Биохимический статус и продуктивные качества свиней (*Sus scrofa domesticus*) при моделировании стресса и его коррекции. *Сельскохозяйственная биология*, 2023;58(4): 638-659. doi: 10.15389/agrobiology.2023.4.638rus
23. Niyazov N. S. A., Ostrenko K. S. Effect of low-protein diets on the nitrogen balance and productivity of pigs. *Journal of Livestock Science*. 2020;11:106-109. doi. 10.33259/JLivestSci.2020.106-109.

REFERENCES

1. Poklukar K., Čandek-Potokar M., Batorek Lukač N., Tomažin U., Škrlep M. Lipid deposition and metabolism in local and modern pig breeds: A review. *Animals*, 2020;10 (3):424. DOI: 10.3390/ani10030424.
2. Voronina O.A., Zaitsev S.Yu. Characteristics of erythropoiesis in sows during different periods of the production cycle. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2023; (4):227-235. (In Russ.) https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.227.
3. Freking B.A., Lents C.A., Vallet J.L. Se-

lection for uterine capacity improves lifetime productivity of sows. *Animal reproduction science*. 2016;167:16-21. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.01.018.
4. Zaitsev S.Y., Belous A.A., Voronina O.A., Rykov R.A., Bogolyubova N.V. Correlations between antioxidant and biochemical parameters of blood serum of duroc breed pigs. *Animals*. 2021;11(8):2400. DOI: 10.3390/ani11082400.
5. Kazantseva N. P., Krasnova O. A., Vasilieva M. I., Khardina E. V. Reproductive qualities of hybrid sows at crossing with Duroc boars. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020;199(08):43–50. (In Russ.). DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-43-50.
6. Zaitsev S.Yu., Bogolyubova N.V., Molchanova G.V. Biochemical blood analysis of a number of pig breeds and their hybrids. Moscow: Agricultural Technologies; 2022. 256 p. (In Russ.). DOI: 10.18720/SPBPU/2/z22-20.
7. Bekenev V.A., Frolova V.I., Bolshakova I.V., Frolova Yu.V., Deeva V.S., Ites Yu.V. Stress-resistant of purebred and crossbred pigs of different bred combinations. *Innovations and Food Safety*. 2021;(4):86-93. (In Russ.). DOI: 10.31677/2072-6724-2021-34-4-88-96.
8. Cui Y., Wang C., Hao Y., Gu X., Wang H. (2019). Chronic heat stress induces acute phase responses and serum metabolome changes in finishing pigs. *Animals*. 2019;9 (07):395. DOI: 10.3390/ani9070395.
9. Reyer H., Oster M., Wittenburg D., Murani E., Ponsuksili S., Wimmers K. Genetic contribution to variation in blood calcium, phosphorus, and alkaline phosphatase activity in pigs. *Frontiers in genetics*. 2019;10:590. DOI: 10.3389/fgene.2019.00590.
10. Ma X., Yu M., Liu Z., Deng D., Cui Y., Tian Z., Wang G. Effect of amino acids and their derivatives on meat quality of finishing pigs. *Journal of food science and technology*. 2020;57:404-412. DOI: 10.1007/s13197-019-04077-x.
11. Zhang Q., Hou Y., Bazer F.W., He W., Posey E.A., Wu G. *Amino Acids in Swine Nutrition and Production. Amino Acids in Nutrition and Health. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Cham: Springer. 2021. 81-107 pp. DOI: 10.1007/978-3-030-54462-1_6.
12. Spring S., Premathilake H., Bradway C., Shili C., DeSilva U., Carter S., Pezeshki A. Effect of very low-protein diets supplemented with branched-chain amino acids on energy balance, plasma metabolomics and fecal microbiome of pigs. *Scientific Reports*.2020;10(1):15859. DOI: 10.1038/s41598-020-72816-8.
13. Karau A., Grayson I. *Amino acids in human and animal nutrition*. *Biotechnology of food and feed additives*. Heidelberg: Springer. 2014.189-228 pp. DOI: 10.1007/10_2014_269.
14. Akram M. et al. Amino acids: A review article. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011;5(17):3997-4000.
15. Morozova L. A., Mikolaychik I. N., Iltyakov A. V., Stupina E. S., Duskaev G. K. Amino acid composition of muscle tissue pedicated and hybrid pigs under conditions continental climate of Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019;10(189):40-46. (In Russ.). DOI: 10.32417/article_5db430cb30bca8.95126056.
16. Petukhova M.A. Amino acid composition and biological value of proteins in the meat of different-genotype pigs. *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2016;59(2):118-123. (In Russ.).
17. Gondret F. et al. Flash dietary methionine supply over growth requirements in pigs: Multi-facetted effects on skeletal muscle metabolism. *Animal*. 2021;15(7):100268. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100268.
18. Conde-Aguilera J. A., Cobo-Ortega C., Mercier Y., Tesseraud S., Van Milgen J. The amino acid composition of tissue protein is affected by the total sulfur amino acid supply in growing pigs. *Animal*. 2014;8(3):401-409. DOI: 10.1017/S1751731113002425.
19. Zaitsev S.Y., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Correlations between the major amino acids and biochemical blood parameters of pigs at controlled fattening duration. *Molecules*. 2022;27(7): 2278. DOI: 10.3390/molecules27072278.
20. Chernykh A.V., Chernykh N.M. Relationship between duration of piglet fattening

and biochemical composition of blood. *Young scientist (Monthly scientific journal)* 2012;38(3):489-491.
21. Fomichev Yu.P., Chabaev M.G., Bogolyubova N.V., Rykov R.A., Nekrasov R.V., Semenova A.A. Physiological and biochemical effects of two feed antioxidants in modeling technological stress in pigs (*Sus scrofa domesticus* Erxleben, 1777). *Agricultural Biology*, 2020;55(3):750-769. doi: 10.15389/agrobiology.2020.4.750eng
22. Nekrasov R.V., Bogolyubova N.V., Ostrenko K.S., Chabaev M.G., Kutyin I.V., Lakhonin P.D., Semenova A.A., Pchelkina V.A., Nasonova V.V., Loskutov S.I., Rykov R.A., Prytkov Yu.A. Biochemical status and productive qualities of pigs (Sus scrofa domesticus) during stress modeling and its correction. *Agricultural Biology*, 2023;58(4): 638-659. doi: 10.15389/agrobiology.2023.4.638eng
23. Niyazov N. S. A., Ostrenko K. S. Effect of low-protein diets on the nitrogen balance and productivity of pigs. *Journal of Livestock Science*. 2020;11:106-109. doi. 10.33259/JLivestSci.2020.106-109.

УДК: 611.[12+711.5]:616-073.75:636.92.045
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.265

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРДИОВЕРТЕБРАЛЬНОГО ИНДЕКСА В НОРМЕ У ДЕКОРАТИВНЫХ КРОЛИКОВ

Суслов Е.С.* – студ. 3 курса ФВМ (ORCID 0009-0002-3875-5428); **Мельников С.И.** – канд. ветеринар. наук, асс. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-0963-8751).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* theworst-mailever@mail.ru

Ключевые слова: *декоративные кролики, ветеринарная кардиология, ветеринарная рентгенология, кардиовертебральный индекс, коэффициент Бьюкенена.*

Keywords: *decorative rabbits, veterinary cardiology, veterinary radiology, cardiovertebral index, Buchanan coefficient.*

Поступила: 03.03.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Кардиовертебральный индекс является самой точной системой оценки размера сердечного силуэта на рентгенограммах для оценки кардиомегалии у мелких домашних животных (кошек и собак). Однако исследование VHS у карликовых кроликов остается недостаточно изученным, в настоящее время нет публикаций с индексами для минорных карликовых кроликов. В статье представлены анатомические особенности сердца и грудного отдела позвоночника декоративных кроликов. Исследования проводились на кафедре анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» и сети ветеринарных центров «Котонай». Материалом для исследования послужили рентгеновские снимки пятидесяти декоративных кроликов различных пород. Масса исследуемых кроликов в среднем составила 1,10±0,10 кг. Для изучения особенностей анатомических границ сердца на рентгенограмме, были использован сравнительно-анатомический метод, с последующим анализом полученных данных в программе «Радиант». В результате исследований было установлено, что грудной отдел позвоночного столба кроликов состоит из 12 грудных позвонков. Грудная клетка – костный остов грудной полости, в котором располагаются некоторые трубкообразные и паренхиматозные органы. Рентгенологическое исследование позволяет провести необходимые замеры и вывести кардиовертебральный индекс вместе с коэффициентом Бьюкенена для объективного оценивания изменений сердца на рентгенологическом исследовании. В нашем исследовании мы, на основании линейных параметров силуэта сердца на рентгенограммах грудной полости у декоративных кроликов, вывели и адаптировали коэффициент Бьюкенена и VHS. Данные индексов, позволяют объективно оценить границы сердца декоративных кроликов в норме, а также обнаружить возможные патологии сердечно-сосудистой системы, такие как кардиомегалия.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

VHS (Vertebral Heart Score (Scale)) является самой точной системой оценки размера сердечного силуэта на рентгенограммах для оценки кардиомегалии у мелких домашних животных (кошек и собак). Однако исследование VHS у карликовых кроликов остается недостаточно изученным, в настоящее время нет публикаций с индексами для декоративных кроликов. Это связано с несколькими факторами. Карликовые кролики являются менее распространенными объектами для ветеринарных исследований по сравнению с более крупными млекопитающими, такими как собаки и кошки. Ограниченная доступность выборки и специфические анатомические особенности карликовых кроликов усложняют получение и стандартизацию данных. Существующие методические подходы, используемые для расчета VHS у других видов, могут не быть напрямую применимыми к карликовым кроликам. Из-за малых размеров тела и особенностей строения грудной клетки у этих животных потенциальные вариации в анатомии могут влиять на результаты измерений. Кроме того, карликовые кролики часто являются пациентами с множеством других сопутствующих заболеваний, что может затруднить интерпретацию полученных данных о сердечно-сосудистой системе (компенсаторное увеличение сердца из-за дыхательной недостаточности). Цель исследования – установить линейные параметры силуэта сердца у декоративных кроликов, провести обработку данных и сформировать базу данных, а также определить индекс Бьюкенена и кардиовертебральный индекс для данного вида животных [1-5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились на кафедре анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» и сети ветеринарных клиники «Котонай». Объектом для исследования послужили некоторые породы декоративных кроликов в количестве 50 штук, средняя масса тела кроликов составила – 1,10±0,10 кг. У всех исследуемых животных ветеринарным врачом были исключены кардиопатологии. Материалом для исследования послужили рентгенологические снимки грудной полости (n=50). Измерения линейных параметров проводилось в программе «RadiAnt». Обработка статистических данных производилась с использованием t-критерия Стьюдента [6-12].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате исследований было установлено, что грудной отдел позвоночного столба кроликов состоит из 12 грудных позвонков. Грудная клетка – костный остов грудной полости, в котором располагаются некоторые трубкообразные и паренхиматозные органы. При проведении рентгенологического исследования грудной полости в норме хорошо визуализируются следующие структуры: сердечный силуэт, крупные магистральные сосуды, трахея, диафрагма, позвонки, ребра, грудина. Органы располагаются в определенном анатомическом положении и имеют определенные точки скелетотопии. При правой латеральной укладке животного во время проведения рентгенологического исследования на полученных снимках границы силуэта сердца у всех исследуемых кроликов – одинаковы. Топографически на рентгенологическом снимке сердце у декоративных кроликов располагается в области второго-четвертого грудного позвонка, а, своей диафрагмальной поверхностью доходит до пятого грудного позвонка. Диафрагмальная поверхность сердца прямая, грудинная же поверхность выпуклая, своей выпуклой частью соответствует анатомической линии краниальной части второго грудного позвонка. (Рис. 1).

Расчёт коэффициента Бьюкенена заключается в том, что сумму ширины (короткая ось сердца – самый широкий отрезок от грудинной до диафрагмальной поверхности сердца) и длины (длинная ось – отрезок от бифуркации трахеи до верхушки сердца) силуэта сердца на рентгенологическом исследовании делят на

длину четвёртого грудного позвонка. Размер четвертого грудного позвонка у декоративных кроликов в среднем достигает в длину – 8,06±0,04 мм. Также для мелких домашних животных существует кардиовертебральный индекс (VHS – vertebral heat score), который позволяет объективно оценить размер сердечного силуэта. Для выведения этого коэффициента: короткая и длинная оси откладываются поочерёдно вдоль позвоночного столба от краниальной границы тела третьего грудного позвонка (Рис. 2). Сумма количества позвонков, входящих в отрезок длинной и короткой оси от третьего грудного позвонка, соответствует числу индекса (Рис. 3). Результаты нашего исследования выражены в данной таблице. (Табл. 1).

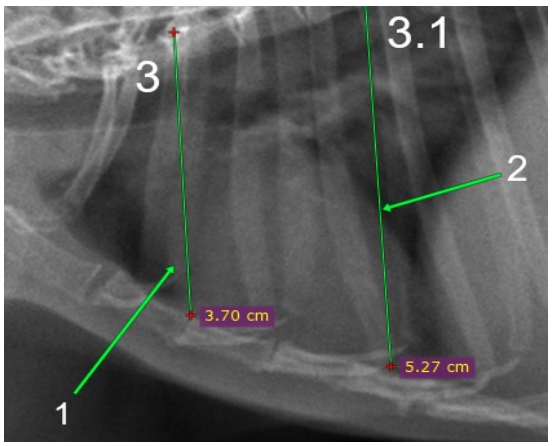


Рисунок 1 – Анатомическая границы сердца на рентгенограмме.
1 — грудинная поверхность сердца;
2 – диафрагмальная поверхность сердца, 3 – краниальная граница сердца, 3.1 – каудальная граница сердца.

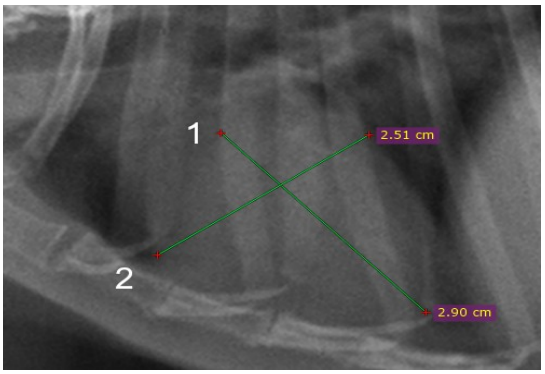


Рисунок 2 – Замеры кардиовертебрального индекса (анатомические линии сердца).
1 – линия от верхушки сердца до бифуркации трахеи (высота, большая линия); 2 – линия ширины сердца (малая линия).

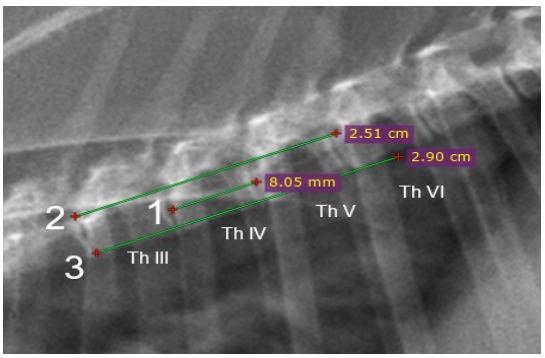


Рисунок 3 – Замеры кардиовертебрального индекса (анатомические линии на грудном отеделе позвоночного столба).
1 – длина четвёртого грудного позвонка, 2 – малая линия (ширина сердца), 3 – большая линия (высота сердца).

Таблица 1 – Средние линейные параметры при морфометрическом исследовании рентгенограмм грудной клетки

Критерий оценивания	Параметры	Результат измерения
Длина (длинная ось)	мм	28,09±0,57
Ширина (короткая ось)	мм	23,85±0,38
Длина Th_{IV}	мм	8,065±0,045
Коэффициент Бьюкенена	усл. ед.	6,44±0,36
Кардиовертебральный индекс	усл. ед.	5,5-6,5

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, на основании линейных параметров силуэта сердца на рентгенограммах грудной полости у декоративных кроликов, вывели и адаптировали коэффициент Бьюкенена и VHS. Полученные коэффициенты могут иметь незначительные отклонения в связи с особенностями рентгенологического метода исследования и укладки пациента. Исследование вышеописанных индексов, позволяет оценить границы сердца декоративных кроликов в норме, а также обнаружить возможные патологии сердечно-сосудистой системы (такие как кардиомегалия). Наши исследования пополняют базу данных видовых морфометрических показателей у животных.

DETERMINATION OF THE CARDIOVERTEBRAL INDEX IS NORMAL IN ORNAMENTAL RABBITS

Suslov E.S.* – 3rd year student (ORCID 0009-0002-3875-5428); **Melnikov S.I.** – PhD. Doctor of Veterinary Sciences, Assistant Professor of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-0963-8751).

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine

* theworst-mailever@mail.ru

ABSTRACT

The cardiovertebral index is the most accurate system for estimating the size of the cardiac silhouette on radiographs for assessing cardiomegaly in small pets (cats and dogs). However, the study of VHS in dwarf rabbits remains insufficiently studied, currently there are no publications with indexes for minor dwarf rabbits. The article presents anatomical features of the heart and thoracic spine of ornamental rabbits. The research was conducted at the Department of Animal Anatomy of the St. Petersburg State University of Veterinary Medicine and the Kotonai network of veterinary centers. The X-ray images of fifty decorative rabbits of various breeds served as the material for the study. The average weight of the studied rabbits was 1.10±0.10 kg. To study the features of the anatomical boundaries of the heart on the X-ray, a comparative anatomical method was used, followed by an analysis of the data obtained in the Radiant program. As a result of the research, it was found that the thoracic spine of rabbits consists of 12 thoracic vertebrae. The thorax is the bony skeleton of the thoracic cavity, in which some tubular and parenchymal organs are located. X-ray examination allows you to take the necessary measurements and deduce the cardiovertebral index together with the Buchanan coefficient for an objective assessment of heart changes during X-ray examination. In our study, based on the linear parameters of the heart silhouette on chest X-rays in decorative rabbits, we derived and adapted the Buchanan coefficient and VHS. These indices make it possible to objectively assess the boundaries of the heart of ornamental rabbits in normal conditions, as well as to detect possible pathologies of the cardiovascular system, such as cardiomegaly.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Ghadiri, A.; Avizeh, R. and Fazli, Gh. Vertebral heart scale of common large breeds of dogs in Iran Int. J.Vet.Res. (2010), 4; 2: 107–111.

2.M. Srivastava, R.P. Pandey, A. Srivastava, D. Kumar, S. Purohit, V. Malik. Vertebral heart score of mongrel dogs. Indian J of Can Pr 2014.

3.Шмаренкова, Ю. С. Расчет кардиовертебрального индекса у собак и кошек при рентгенодиагностике грудной полости / Ю. С. Шмаренкова // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 150-летию со дня рождения Алексея Григорьевича Дояренко: Материалы конференции, Калуга, 18 апреля 2024 года. – Калуга: ИП Якунина В.А., 2024. – С. 213-216.

4.Крумкина, К. А. Кардиовертебральный индекс уличных кошек / К. А. Крумкина // Студенты - науке и практике АПК: Материалы 108-й Международной научно -практической конференции студентов и магистрантов: в 2 частях, Витебск, 26 мая 2023 года. – Витебск: Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины ", 2023. – С. 26-27.

5.Анатомия сердца собаки домашней (Canis Familiaris) / А. В. Прусаков, Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин, Д. С. Былинская // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ, Санкт-Петербург, 21–25 января 2019 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2019. – С. 54-55.

6.Особенности хода и ветвления коронарных артерий среднеазиатской овчарки / А. В. Прусаков, М. В. Щипакин, Ю. Ю. Бартенева [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2015. – № 2(16). – С. 100-103.

7.Хватов, В. А. Анатомия сердца лося европейского / В. А. Хватов, Д. С. Былинская // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 3. – С. 158 -161. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.3.158.

8.Былинская, Д. С. Сравнительная анатомия венечных артерий сердца песца и домашней собаки / Д. С. Былинская, С. С. Глушонок, С. И. Мельников // Животноводство в современных условиях: новые вызовы и пути их решения: Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию со дня рождения профессора А.М. Гуськова, Орел, 26 октября 2022 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2023. – С. 16-19.

9.Горбунова, Н. Ю. Рентгендиагностика заболеваний органов грудной клетки непродуктивных животных (клинические случаи) / Н. Ю. Горбунова, П. А. Горбунов // Интеллектуальный потенциал XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях, Казань, 29 января 2018 года. Том Часть 2. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2018. – С. 142-145.

10. Комиссаров, Р. В. Рентгенография и морфометрия позвоночного столба суриката / Р. В. Комиссаров, В. А. Хватов // Ветеринарная медицина и практика: сборник научных статей. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2024. – С. 20-24.

11. Глушонок, С. С. Морфологические особенности кровоснабжения сердца овцы породы дорпер / С. С. Глушонок, В. А. Хватов, М. В. Щипакин // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 29–30 октября 2020 года. Том 2. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 109-112.

12. Васкуляризация сердца овцы романовской породы / М. В. Щипакин, А. В. Прусаков, Д. С. Былинская [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 4. – С. 233 -235.

REFERENCES

1. Ghadiri, A.; Avizeh, R. and Fazli, Gh. Vertebral heart scale of common large breeds of dogs in Iran Int. J.Vet.Res. (2010), 4; 2: 107–111.
2. M. Srivastava, R.P. Pandey, A. Srivastava, D. Kumar, S. Purohit, V. Malik. Vertebral heart score of mongrel dogs. Indian J of Can Pr 2014.
3. Shmarenkova, Yu.S. Calculation of the cardiovertebral index in dogs and cats during X-ray diagnostics of the thoracic cavity / Yu.S. Shmarenkova // Proceedings of the All -Russian (national) scientific and practical conference with international participation dedicated to the 150th anniversary of the birth of Alexei Grigoryevich Doyarenko: Conference proceedings, Kaluga, April 18, 2024. Kaluga: IP Yakunina V.A., 2024. pp. 213-216.
4. Krumkina, K. A. Cardiovertebral index of street cats / K. A. Krumkina // Students in Science and Practice of agriculture: Proceedings of the 108th International Scientific and Practical Conference of Students and Undergraduates: in 2 parts, Vitebsk, May 26, 2023. Vitebsk: Vitebsk Educational Institution of the Order of the Badge of Honor, State Academy of Veterinary Medicine, 2023, pp. 26-27.
5. Anatomy of the heart of a domestic dog (Canis Familiaris) / A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, D. S. Bylinskaya // Proceedings of the National Scientific Conference of the faculty, researchers and postgraduates of St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, January 21-25, 2019. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2019. pp. 54-55.
6. Features of the course and branching of the coronary arteries of the Central Asian Shepherd Dog / A.V. Prusakov, M. V. Shchipakin, Yu. Y. Barteneva [et al.] // Hippology and Veterinary Medicine. – 2015. – № 2(16). – Pp. 100-103.
7. Khvatov, V. A. Anatomy of the heart of the European moose / V. A. Khvatov, D. S. Bylinskaya // Regulatory and legal regulation in veterinary medicine. – 2023. – No. 3. – pp. 158-161. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.3.158.
8. Bylinskaya, D. S. Comparative anatomy of the coronary arteries of the heart of Arctic foxes and domestic dogs / D. S. Bylinskaya, S. S. Glushonok, S. I. Melnikov // Animal husbandry in modern conditions: New challenges and ways to solve them: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the birth of Professor A.M. Guskov, Orel, October 26, 2022. – Orel: Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, 2023. – pp. 16-19.
9. Gorbunova, N. Y. X-ray diagnostics of diseases of the chest organs of unproductive animals (clinical cases) / N. Y. Gorbunova, P. A. Gorbunov // Intellectual potential of the XXI century: collection of articles of the International scientific and practical conference: in 2 parts, Kazan, January 29, 2018. Volume Part 2. Kazan: OMEGA SCIENCES Limited Liability Company, 2018, pp. 142-145.
10. Komissarov, R. V. Radiography and morphometry of the vertebral column of the meerkat / R. V. Komissarov, V. A. Khvatov // Veterinary medicine and practice: a collection of scientific articles. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2024, pp. 20-24.
11. Glushonok, S. S. Morphological features of blood supply to the heart of Dorper sheep / S. S. Glushonok, V. A. Khvatov, M. V. Shchipakin // Contribution of young scientists to the innovative development of the Russian agroindustrial complex: Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Penza, October 29-30, 2020. Volume 2. Penza: Penza State Agrarian University, 2020. pp. 109-112.
12. Vascularization of the heart of Romanov sheep / M. V. Shchipakin, A.V. Prusakov, D. S. Bylinskaya [et al.] // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2015. – No. 4. – pp. 233-235.

УДК: 612.1:639.211.3.043:615.
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.271

ОЦЕНКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Карпенко Л.Ю.[1] – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Сидорова Н.А.** [2] – канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и экологии (ORCID 0000-0002-9659-9235); **Бахта А.А.** [1] – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-5193-2487); **Савушкин А.И.**[2] – науч. сотр. (ORCID 0009-0003-5202); **Полистовская П.А.** [1] – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0003-1977-0913); **Никонов И.Н.** [1] * – канд. биол. наук, ст. преподаватель кафедры биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-9495-0178); **Балыкина А.Б.** [1] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-5373-4794)

.

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[2] ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

*ilnikonov@yandex.ru

Ключевые слова: *Форель радужная, аквакультура, рыбное хозяйство, физиологический статус, кормовые добавки, пробиотики.*

Key words: *Rainbow trout, aquaculture, fish farming, physiological status, feed additives, probiotics.*

Финансирование: *исследование выполнено при поддержке гранта российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).*

Поступила: 05.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Увеличение производства продукции аквакультуры является важным условием для обеспечения продовольственной безопасности России и содействия социально-экономическому развитию регионов. *Oncorhynchus mykiss* или радужная форель относится к одному из наиболее востребованных объектов индустриального рыборазведения благодаря коммерческой ценности и биологическим характеристикам, включая быстрый рост и устойчивость к условиям интенсивного культивирования. Целью данного исследования являлось изучение морфологических показателей крови радужной форели (*Parasalmo mykiss*) при введении в рацион различных пробиотических

препаратов. Для оценки физиологического состояния рыб определяли следующие морфологические показатели крови: количество эритроцитов и лейкоцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрит. При анализе данных, полученных при применении в рационе годовиков форели радужной пробиотических добавок «Пробиотик-1» и «Пробиотик-2», можно сделать вывод, что среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 30,7% выше, чем этот показатель у группы, получавших продукционный корм без добавок, и на 13,74% выше, чем у группы, получавших с кормом добавку «Пробиотик-1». Общее количество лейкоцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 3,11% выше данного показателя у группы, получавшей продукционный корм без добавок, и на 1,39% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Концентрация гемоглобина на 10,88% выше данного показателя у группы, получавшей продукционный корм без добавок, и на 5,92% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Что касается показателя гематокрита, то его значения у группы, получавшей добавку «Пробиотик-2» на 3,76% выше данного показателя у группы, получавшей продукционный корм без добавок, и на 1,44% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. Lactobacillus на морфологические показатели крови радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). Данные препараты оказывают адаптогенный эффект на организм радужной форели, способствуя повышению показателей резистентности. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели и для коррекции микробиома рыб разных возрастов.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Увеличение производства продукции аквакультуры является важным условием для обеспечения продовольственной безопасности России и содействия социально-экономическому развитию регионов [5]. В последние годы аквакультура становится все более актуальной, особенно в контексте глобальных изменений климата и растущего спроса на рыбу и морепродукты [12]. Это направление имеет особую значимость для Северо-Западного региона и Сибири, где природные условия благоприятствуют выращиванию ценных пород лососевых рыб, таких как форель и семга [2, 10, 11].

Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) относится к одному из наиболее востребованных объектов индустриального рыборазведения благодаря коммерческой ценности и биологическим характеристикам, включая быстрый рост и устойчивость к условиям интенсивного культивирования [7]. С учетом повреждающего эффекта на организм рыб средовых факторов абиотической и биотической природы, нередко сопровождающих современные технологии ведения высокопродуктивного рыбоводства и увеличение объемов выращивания рыбы, востребованными становятся комплексные исследования физиологических процессов, возникающих в организме различных объектов аквакультуры. Одним из наглядных маркеров, отражающих физиологические и метаболические изменения может считаться микрофлора кишечника [1, 3,9].

На сегодняшний день Республика Карелия занимает лидирующие позиции в садковом форелеводстве, поставляя на внутренний рынок более 80% товарной форели, производимой в Российской Федерации [12]. Это свидетельствует о высоком потенциале региона для развития аквакультуры и увеличения объемов производства. Однако, чтобы обеспечить устойчивое функционирование форелевых хозяйств, необходимо уделять внимание вопросам профилактики заболеваний среди выращиваемых рыб [13].

Целью данного исследования являлось изучение морфологических показателей

крови радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при введении в рацион различных пробиотических препаратов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объектами исследования выступали мальки, годовики и двухлетки радужной форели *(Oncorhynchus mykiss).* В каждой возрастной группе выделяли подгруппы, в рацион которых вводили кормовые добавки («Пробиотик -1» и «Пробиотик -2») на основе различных штаммов бактерий р. *Lactobacillus.* Экспериментальные образцы пробиотиков были наработаны на базе ООО «Микробиом».

Температура в садках для форели находилась в пределах оптимальных для данных видов рыб и составляла в среднем 18,3°С. Содержание кислорода не опускалось ниже 6,4 мг/л. Водородный показатель в ходе исследования составлял 9,7 мг/л.

Для оценки физиологического состояния рыб определяли следующие морфологические показатели крови: количество эритроцитов и лейкоцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрит согласно «Методическим указаниям по проведению гематологического обследования рыб» (утв. Минсельхозпродом России 02.02.1999 N 13-4-2/1487).

Отбор проб крови у рыб осуществлялся согласно установленной методике [6]. Для определения количества эритроцитов и лейкоциты в единице объема крови использовали камеру Горяева [6]. Гематокритную величину определяли с помощью микроцентрифуги Hettich Haematokrit 200. Гемоглобин определяли колориметрическим методом.

Анализ полученных данных выполняли с использованием методов описательной статистики [4] и обработки экспериментальных данных в MS Excel [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Данные, полученные при исследовании крови годовиков форели, в рационе которых использовался только продукционный корм, представлены в таблице.

Таблица 1 – Морфологические показатели крови годовиков радужной форели *(Oncorhynchus mykiss)* при добавлении в рацион кормовых добавок на основе бактерий *p. Lactobacillus*, (M±m)

№	Показатель, ед. изм.	Референтные значения	Подопытные группы		
			1 группа контроль	Опытная группа 2 (пробиотик-1)	Опытная группа 3 (пробиотик 2)
1	Гемоглобин, г/л	75-100	72,6±1,029	7,6±0,34	80,5±2,75*
2	Эритроциты млн/мкл	1,2-1,92	1,14±0,042	1,31±0,05	1,49±0,11
3	Лейкоциты, млн/мкл	20-26	21,24±0,70	21,6±0,88	21,9±0,80
4	Гематокрит, л/л*10^2	28-35	30,6±1,03	31,3±0,88	31,75±1,10

**- p≤0,05 относительно группы контроля.*

При анализе морфологических показателей крови исследуемых возрастных групп радужной форели, которым не задавался пробиотики было выявлено, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели имел значение 1,14±0,042 млн/мкл, что на 5% ниже средних значений, представленных в литературных источниках. Общее количество лейкоцитов (21,24±0,7 млн/мкл) не выходит за границы референсных значений, средняя концентрация гемоглобина равна 72,6±1,029 г/л, что ниже на 3,2% от показателей референсных значений. Показатель гематокрита не выходит за границы референсных значений (30,6±1,03 л/л*10^2).

При анализе морфологических показателей крови исследуемых возрастных групп радужной форели было выявлено, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1», имел значение 1,31±0,05 млн/мкл, общее количество лейкоцитов (21±0,88 млн/мкл), концентрация гемоглобина равна 76±0,57 г/л, показатель гематокрита (31,3±0,88 л/л*10^2), что не выходит за пределы референсных значений, представленных в литературных источниках.

При анализе морфологических показателей крови исследуемых возрастных групп радужной форели было выявлено, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», имел значение 1,49±0,11 млн/мкл, общее количество лейкоцитов (21,9±0,80 млн/мкл), концентрация гемоглобина равна 80,5±2,75 г/л, показатель гематокрита (31,75±1,10 л/л*10^2). Все показатели не выходят за границы референсных значений.

На основании анализа данных, полученных при применении в рационе годовиков форели радужной пробиотических добавок «Пробиотик-1» и «Пробиотик-2», можно сделать вывод, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 30,7% выше, чем этот показатель у группы, получавших продукционный корм без добавок, и на 13,74% выше, чем у группы, получавших с кормом добавку «Пробиотик-1». Общее количество лейкоцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 3,11% выше данного показателя у группы, получавшей продукционный корм без добавок, и на 1,39% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Концентрация гемоглобина на 10,88% выше данного показателя у группы, получавшей продукционный корм без добавок, и на 5,92% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Что касается показателя гематокрита, то его значения у группы, получавшей добавку «Пробиотик-2» на 3,76% выше данного показателя у группы, получавшей продукционный корм без добавок, и на 1,44% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1».

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. Lactobacillus. Пробиотические препараты оказывают адаптогенный эффект на радужную форель, способствуя повышению показателей резистентности, на что указывают выявленные в ходе данного исследования изменения. Результаты выполненных исследований могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели и для коррекции микробиома рыб разных возрастов.

EVALUATION OF HEMATOLOGICAL INDICATORS OF RAINBOW TROUT WHEN INTRODUCING PROBIOTIC PREPARATIONS INTO THEIR DIET

Karpenko L.Yu.[1] **-** Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biochemistry and Physiology, (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Sidorova N.A.** [2] – Candidate of Sciences. Biol. sciences, assoc.,

assoc. Department of Zoology and Ecology **(**ORCID 0000-0002-9659-9235**)**; **Savushkin A.I.** [2] **–** scientific. comp. **(**ORCID 0009-0003-5202); **Bakhta A.A.** [1] - PhD in Biology, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology (ORCID 0000-0002-5193-2487); **PolistovskayaP.A.** [1] – Ph.D. in Biology, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0003-1977-0913); **Nikonov I.N.** [1]***** – Ph.D. in Biology, Senior Lecturer of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0001-9495-0178); **Balykina A.B.** [1] – Ph.D. in Veterinary Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0001-5373-4794

[1]-St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

[2]-Petrozavodsk State University

[*] ilnikonov@yandex.ru

Financing: *The study was supported by grant No. 322-23 of the Russian Science Foundation (Agreement No. 23-16-20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with funding from the Venture Investment Fund of the Republic of Karelia (VIF RK).*

ABSTRACT

Increasing aquaculture production is an important condition for ensuring food security in Russia and promoting socio-economic development of the regions. Parasalmo mykiss or rainbow trout is one of the most popular objects of industrial fish farming due to its commercial value and biological characteristics, including rapid growth and resistance to intensive cultivation conditions. The purpose of this study was to examine the morphological parameters of rainbow trout (Parasalmo mykiss) blood when introducing various probiotic preparations into the diet. To assess the physiological state of the fish, the following morphological parameters of blood were determined: the number of erythrocytes and leukocytes, hemoglobin concentration, hematocrit. When analyzing the data obtained from the use of the probiotic supplements Probiotic-1 and Probiotic-2 in the diet of yearling rainbow trout, it can be concluded that the average erythrocyte count of yearling trout, whose diet included the supplement Probiotic-2, is 30.7% higher than that of the group receiving the production feed without additives, and 13.74% higher than that of the group receiving the supplement Probiotic-1 with their feed. The total leukocyte count of yearling trout, whose diet included the supplement Probiotic-2, is 3.11% higher than that of the group receiving the production feed without additives, and 1.39% higher than that of the group receiving the supplement Probiotic-1. Thus, it can be concluded that the experimental probiotic preparations based on bacterial strains of the genus P. Lactobacillus on morphological parameters of rainbow trout (Parasalmo mykiss) blood. These preparations have an adaptogenic effect on the rainbow trout organism, contributing to an increase in resistance parameters. The obtained results can be used to optimize the composition of production feeds for rainbow trout and to correct the microbiome of fish of different ages.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Анализ возрастной динамики морфологических показателей крови форели радужной в условиях аквакультуры / Л. Ю. Карпенко, Н. А. Сидорова, П. А. Полистовская [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 4. – С. 236-243. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.

2.Андреева, А. М. Оценка перспективы выращивания форели породы Ропшинская золотая в Республике Карелия / А. М. Андреева // Научно-исследовательская работа обучающихся и молодых учёных: Материалы 76-й Всероссийской (с международным участием) научной конференции обучающихся и молодых учёных, Петрозаводск, 01–21 апреля 2024 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2024. – С. 18-21.

3.Выращивание радужной форели с применением пробиотиков "Ветом 2" и "Ликвафид" / В. А. Назаров, Т. А. Нечаева, Л. А. Ильина, М. И. Ковальчук // Развитие и современные проблемы аквакуль-

туры (Конференция "Аквакультура 2023") : Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции, с. Дивноморское, 04–10 сентября 2023 года. – Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2023. – С. 82-85. – DOI 10.23947/aquaculture.2023.82-85.
4.Ивантер Э. В. Основы вариационной статистики. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена, 1970. – 19 с.
5.Логунова, Н. А. Выращивание радужной форели в УЗВ как перспективное направление развития бизнеса в регионе / Н. А. Логунова, В. Н. Туркулова // Инновационные тенденции развития современной экономики предприятий и организаций : Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, Посвящается Дню экономиста в России, Симферополь, 11 ноября 2024 года. – Симферополь, 2024. – С. 137-138.
6.Методические указания по проведению гематологического обследования рыб (утв. Минсельхозпродом России 02.02.1999 N 13-4-2/1487).
7.Мухина, И. Н. Современное состояние аквакультуры на Кольском полуострове / И. Н. Мухина, Т. А. Карасева // Лососевые рыбы: биология, воспроизводство, промысел: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 23–24 марта 2023 года. – Мурманск: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2023. – С. 286-192.
8.Мхитарян В.С., Ильенкова С.Д., Агапова Т.Н. Статистика. – М.: Юрайт, 2013. – 590 с.
9.Полистовская, П. А. Тяжелые металлы в водной экосистеме и их влияние на рыб / П. А. Полистовская, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – 88 с.
10. Студенов, И. И. Возможности выращивания радужной форели в пресноводных водных объектах Архангельской области / И. И. Студенов // Лососевые рыбы: биология, воспроизводство, промысел: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 23–24 марта 2023 года. – Мурманск: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2023. – С. 423-428.
11.Ткачев, А. В. Биологическое разнообразие радужной форели по SSR-маркерам / А. В. Ткачев, М. В. Стручкова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 25 июня 2024 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 209-213.
12. Тыркин, И. А. Объёмы товарного выращивания радужной форели в Республике Карелия / И. А. Тыркин, А. В. Картанович, А. В. Тыркина // Рыбохозяйственная наука. История, современность, перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию создания "ГосНИОРХ" им. Л.С. Берга», Санкт-Петербург, 23–24 октября 2024 года. – Москва: ГНЦ РФ ФГБНУ "ВНИРО", 2024. – С. 584-587.
13.Физиология рыб. Книга 2. Питание и пищеварение / В. Г. Скопичев, Л. Ю. Карпенко, И. О. Боголюбова [и др.]. – Санкт-Петербург: Квадро, 2017. – 344 с. – ISBN 978-5-906371-25-8.

REFERENCES

1. Analysis of age dynamics of morphological parameters of rainbow trout blood in aquaculture conditions / L. Yu. Karpenko, N. A. Sidorova, P. A. Polistovskaya [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2023. - No. 4. - P. 236-243. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.
2. Andreeva, A. M. Assessment of the prospects for growing Ropshinskaya gold trout in the Republic of Karelia / A. M. Andreeva // Research work of students and young scientists: Proceedings of the 76th All

-Russian (with international participation) scientific conference of students and young scientists, Petrozavodsk, April 1–21, 2024. – Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2024. – P. 18–21.
3. Growing rainbow trout using probiotics "Vetom 2" and "Liquafid" / V. A. Nazarov, T. A. Nechaeva, L. A. Ilyina, M. I. Kovalchuk // Development and modern problems of aquaculture (Conference "Aquaculture 2023"): Collection of scientific papers of the III International scientific and practical conference, s. Divnomorskoye, September 4-10, 2023. - Rostov-on-Don: OOO "DSTU-PRINT", 2023. - P. 82-85. - DOI 10.23947/aquaculture.2023.82-85.
4. Ivanter E. V. Fundamentals of variation statistics. - Petrozavodsk: Publishing house of Petrozavodsk State University named after O. V. Kuusinen, 1970. - 19 p.
5. Logunova, N. A. Growing rainbow trout in RAS as a promising direction for business development in the region / N. A. Logunova, V. N. Turkulova // Innovative trends in the development of the modern economy of enterprises and organizations: Collection of scientific papers of the I International scientific and practical conference, Dedicated to the Day of the Economist in Russia, Simferopol, November 11, 2024. - Simferopol, 2024. - P. 137-138.
6. Methodological guidelines for conducting hematological examination of fish (approved by the Ministry of Agriculture of Russia on 02.02.1999 N 13-4-2 / 1487).
7. Mukhina, I. N. Current state of aquaculture on the Kola Peninsula / I. N. Mukhina, T. A. Karaseva // Salmon fish: biology, reproduction, fishery: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Murmansk, March 23-24, 2023. - Murmansk: All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, 2023. - P. 286-192.
8. Mkhitaryan V.S., Ilyenkova S.D., Agapova T.N. Statistics. - M.: Yurait, 2013. - 590 p.
9. Polistovskaya, P. A. Heavy metals in the aquatic ecosystem and their impact on fish / P. A. Polistovskaya, L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. - 88 p.
10. Studenov, I. I. Possibilities of growing rainbow trout in freshwater bodies of the Arkhangelsk region / I. I. Studenov // Salmon fish: biology, reproduction, fishery: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Murmansk, March 23-24, 2023. - Murmansk: All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, 2023. - P. 423-428.
11. Tkachev, A. V. Biological diversity of rainbow trout based on SSR markers / A. V. Tkachev, M. V. Struchkova // Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and ways of their solution: Proceedings of the XIV International scientific and practical conference, Ulyanovsk, June 25, 2024. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2024. - P. 209-213. - EDN GQKHNS.
12. Tyrkin, I. A. Volumes of commercial cultivation of rainbow trout in the Republic of Karelia / I. A. Tyrkin, A. V. Kartanovich, A. V. Tyrkina // Fisheries science. History, modernity, prospects: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 110th anniversary of the establishment of the "GosNIORKh" named after L.S. Berg", St. Petersburg, October 23-24, 2024. - Moscow: SSC RF FGBNU "VNIRO", 2024. - P. 584-587.
13. Fish physiology. Book 2. Nutrition and digestion / V. G. Skopichev, L. Yu. Karpenko, I. O. Bogolyubova [and others]. - St. Petersburg: Quadro, 2017. - 344 p.

УДК: 619:616.71-006.34:599.824
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.278

СЛУЧАЙ СПОНТАННОЙ ОСТЕОСАРКОМЫ У САМКИ МАРТЫШКИ ЗЕЛЁНОЙ

Оганесян А.О. – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-0450-1702); **Симавонян К.В.** – канд. мед. наук, специалист-рентгенолог клинико-ветеринарного отделения (ORCID 0000-0001-9119-8822); **Колесник Ю.А.** – лаборант-исследователь (ORCID 0000-0001-9440-5145); **Гвоздик Т.Е.** – вет. врач (ORCID 0000-0001-7171-4500); **Кордонова А.В.** – вет. врач (ORCID 0009-0003-9563-2499); **Ильязянц Д.А.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-4681-7783); **Шестаков В.А.** – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр., доц. (ORCID 0000-0002-8090-3423); **Радомская Е.Ю.** – врач-патологоанатом (ORCID 0000-0002-8590-2198); **Шляпников С.М**. – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., доц. (ORCID 0000-0002-2981-6949); **Агумава А.А**. – канд. биол. наук, нач. лаб. мол. биол. (ORCID 0000-0003-2675-4057); **Булгин Д.В.** – канд. мед. наук, нач. лаб. пат. анат. (ORCID 0000-0003-1739-8505).

ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

***** j.kolesnick2010@yandex.ru

***Ключевые слова*:** *остеосаркома, опухолевый рост, патологическая морфология, зелёная мартышка, животная модель.*

***Key words*:** *osteosarcoma, tumor growth, pathological morphology, green monkey, animal model.*

Финансирование. *Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».*

Поступила: 25.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн:26.03.2025



РЕФЕРАТ

Остеосаркома (ОС) — наиболее распространённая первичная злокачественная опухоль костной ткани у человека, лабораторных и домашних животных. Причины возникновения ОС в большинстве случаев остаются неизвестными. ОС может поражать любой участок скелета, но чаще всего локализуется в длинных трубчатых костях. ОС характеризуется диффузным инфильтративным ростом, быстрой диссеминацией гематогенным путём и развитием множественных метастазов в лёгких. Для достоверной верификации диагноза при ОС необходимо сопоставлять результаты рентгенологического исследования очага поражения с данными, полученными при морфологическом исследовании биопсийного или операционного материала, полученного из опухолевой ткани. В представленной статье описан редчайший случай спонтанно возникшей ОС проксимального отдела плечевой кости с множественными метастатическими узлами в лёгких у половозрелой самки зелёной мартышки (*Chlorocebus aethiops ssp*.). Опухолевая масса крупных размеров разрушила кортикальный слой и надкостницу плечевой кости, прорастала в прилегающие ткани, в лёгких обнаружены множественные метастазы. Микроскопически опухоль представляла собой анапластическое мезенхимальное новообразование с инвазивным ростом и очагами оссификации и образованием неопластической костной ткани (остеоида). Атипичные

клетки опухолевой ткани имели различную форму, структуру и размер. Насколько нам известно – это первый описанный случай проявления ОС в аппендикулярном скелете у зелёной мартышки. Возникновение спонтанной ОС у низших обезьян и схожесть патологических изменений на макро- и микроскопических уровнях, свидетельствует о возможности использования данных животных, в качестве естественной модели для изучения аналогичной патологии у человека.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Остеосаркома (ОС) является наиболее частым первичным злокачественным новообразованием костей, возникающим спонтанно как у человека, так и у лабораторных и домашних животных [1, 2]. У людей ОС в основном встречается в возрасте 10-14 лет и старше 40 лет [3], имеет высокий метастатический потенциал, преимущественно метастазирует в лёгкие [1]. В животном мире ОС широко распространена у собак и кошек, на её долю приходится 85% всех опухолей костной ткани. ОС обычно развивается на конечностях, но также встречается в костях черепа, рёбрах и позвонках [4]. ОС особенно агрессивно протекает у собак: от 75 до 90% животных имеют метастазы опухоли в лёгкие и другие кости [5]. ОС кошек имеет менее агрессивное течение и низкую частоту метастазирования от 5% до 10% [6]. В научной литературе описаны случаи возникновения ОС у домашнего кролика (*Oryctolagus cuniculus*), при этом половина всех случаев была выявлена в костях черепа [7]. Выявлены случаи спонтанного возникновения ОС у грызунов: монгольских песчанок [2], мышей [8], крыс [9]. По данным научной литературы спонтанная ОС у низших обезьян – достаточно редкая патология. Единичные случаи ОС были обнаружены у представителей рода Саймири (*Saimiri / Беличьи обезьяны*) [10, 11], павианов (*Papio papio*) [12, 13], макак-резусов [14-16].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Животное

Пробанд - самка обезьяны вида мартышка зелёная (*Chlorocebus sabaeus*) из колонии Курчатовского комплекса медицинской приматологии НИЦ «Курчатовский институт» родился 22.04.2006 г. здоровым, доношенным. Животное содержалось на открытом воздухе в групповом вольере, дополнительно оборудованном отапливаемым помещением для ночёвки и укрытия от непогоды. Условия содержания животных соответствуют стандартам, регулирующим обращение с обезьянами:

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур»;
- ГОСТ Р 55453-2013 «Корма для непродуктивных животных. Общие технические условия». Пищевой рацион животных сбалансирован по белкам, жирам и углеводам.
- животным, через стационарную систему поения обеспечивается доступ к водопроводной воде *ad libitum*, соответствующей требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2280-07.

Общий анализ крови

Забор крови проводили из бедренной вены (*v. femoralis*). Кровь собиралась в пробирки с ЭДТА. Исследуемые образцы анализировались в гематологическом анализаторе HumaCount 30TS (*Human GmbH, Германия*). Результаты представлены в таблице 1.

Прижизненное рентгенологическое исследование и чрезкожная пункционная биопсия новообразования

Прижизненное рентгенологическое исследование выполнено на рентгеновском аппарате PORTA 100HF (*TOSHIBA*) с цифровой системой DR Retrofit (*AGFA*) (параметры рентгенографии: kV 60-70; mAs 1-3,2). Животное кратковременно обездвиживали посредством комбинированного внутримышечного введения короткодействующих препаратов из расчёта: Ксиланит (ксилазина гидрохлорид,

NITA-FARM, Россия) - 5,0 мг/кг и Золетил 100 (тилетамин, золозепам, *Valdepharm, Франция*) - 10,0 мг/кг.

Гистологическое исследование

Полученный биопсийный и секционный материал фиксировали в 10% нейтральном (забуференном до pH 7,4) растворе формалина. Для удаления из опухолевой ткани минерального компонента использовали декальцинирующий раствор электролитный «Гистопоинт» (*ООО «МедТехникаПоинт», г. Санкт-Петербург*). Далее проводилась стандартная гистологическая обработка материала с последующей заливкой в парафиновую среду «HISTOMIX» (*ООО "БиоВитрум", Санкт-Петербург*).

Из полученных парафиновых блоков приготавливали гистологические срезы толщиной 4 мкм, которые окрашивали:

гематоксилином Ганзена (железотригематеиновый способ с квасцовым гематоксилином Ганзена / *F.C.Ch. Hansen,*) и эозином;

пикрофуксином по Ван Гизону (*Van Gieson's stain*).

Обзорный морфологический анализ (микроскопическое исследование) выполнен на биологическом микроскопе для лабораторных исследований AXIO LAB.A1 (*Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия*). Для микрофотографирования использовалась цифровая камера Axiocam 105 color (*Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия*).

Патологоанатомическое исследование

Вскрытие тела умершего животного проводилось сразу же по факту поступления в прозектуру лаборатории патологической анатомии Курчатовского комплекса медицинской приматологии. Образцы опухолевой ткани, взятые на вскрытии для последующего морфологического анализа, подготавливали по процедуре, описанной выше (гистологическое исследование).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Клиническая картина

При проведении планового профилактического осмотра 18.07.2022 г. было выявлено образование правого плеча неправильной формы размерами 12×10×8 см., локализованное в средней и проксимальной области. Давность возникновения патологического процесса не известна. Поражённую конечность животное не использовало. Обезьяна отсажена в лечебный изолятор для обследования и симптоматического лечения (рис. 1).

Состояние животного прогрессивно ухудшалось и 24.08.2022 г. констатирована биологическая смерть, тело животного направлено на патологоанатомическое исследование.



Рисунок 1 – Животное в лечебном изоляторе. А, Б, В - клинически опухоль представляет собой узловое образование неправильной формы плотноэластической консистенции размерами 12×10×8 см.

Таблица 1 – Результаты общего анализа крови

Показатель (аббревиатура)	Результат 18.07.2022 г.	Результат 19.08.2022 г.	Референсные значения для самок зелёных мартышек в возрасте 12-20 лет [17]	Единица измерения
гемоглобин (HGB)	113	58	114 - 171	г/л
тромбоциты (PLT)	558	425	113 –592	$\times 10^9$/л
лейкоциты (WBC)	13,32	1,42	3,3–12,45	$\times 10^9$/л
эритроциты (RBC)	5,67	2,85	4,85–7,08	$\times 10^{12}$/л
гематокрит (HCT)	36,16	18,42	36,0 – 52,3	%

Результаты прижизненного рентгенологического исследования

19.07.2022 г. выполнена рентгенография поражённой конечности и лёгких обезьяны (рис. 2). На рентгенограммах выявлены остеолитические изменения головки, метафиза и диафиза правой плечевой кости. Литические очаги перемежаются с очагами оссификации. Отмечаются поражения ключицы и суставной впадины лопатки. Над зоной деструкции имеется большой мягкотканый компонент, внутри которого хаотично расположены кальцификаты, представленные в виде линейных малоконтрастных теней. В обоих лёгких имеются дополнительные тени, по-видимому, обусловленные метастазами.

Заключение: остеосаркома проксимальной части правой плечевой кости с поражением правой лопатки и правой ключицы. Метастазы в лёгкие.

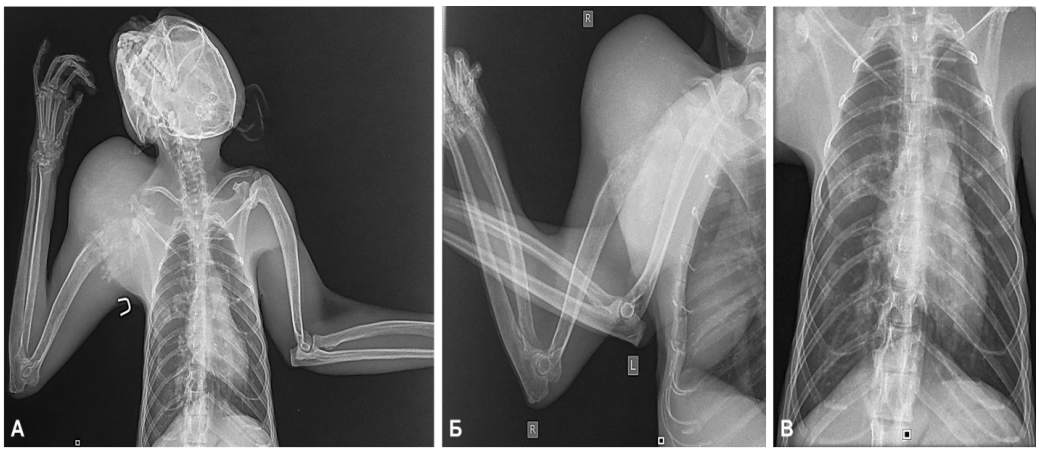


Рисунок 2 – Прижизненная рентгенограмма животного. А, Б – остеосаркома проксимальной части правой плечевой кости с поражением правой лопатки и правой ключицы. В – множественные метастазы в лёгких.

Результаты прижизненной пункционной биопсии новообразования

21.07.2022 г. выполнена чрескожная пункционная биопсия опухоли. В микропрепаратах, окрашенных гематоксилином Ганзена и эозином видны участки атипичного остеоида, скопления саркоматозных клеток с гиперхромными, полиморфными ядрами.

Заключение: остеогенная саркома.

Результаты патологоанатомического исследования

Патологоанатомический диагноз:

Основное заболевание - остеогенная саркома правого плеча, множественные метастазы в лёгкие (протокол патологоанатомического исследования № 416 от 24.08. 2022 г.).

Макроскопическое исследование

Труп самки обезьяны вида мартышка зелёная, масса тела 2,74 кг, правильного телосложения, пониженного питания. Кожные покровы и видимые слизистые оболочки серо-розового цвета. Волосяной покров равномерный. Поверхностные пальпируемые лимфатические узлы не увеличиены.

Правое плечо деформировано за счёт образования плотноэластической консистенции неправильной формы размерами 12×10×8 см. Режется с характерным хрустом за счёт вкрапления костных структур. На разрезе ткань опухоли имеет пёстрый вид из-за чередования белых, жёлтых и красноватых (кровоизлияния) очагов. Опухоль разрушает кортикальный слой и прорастает в прилежащие мягкие ткани. Новообразование достаточно чётко отграничено от здоровой кости (рис. 3).

Медиастинальные и бронхолёгочные лимфатические узлы не увеличены. В лёгких множественные, хаотично расположенные округлые образования плотноэластической консистенции диаметром от 0,3 до 0,5 см., некоторые из них, режутся с характерным хрустом, на разрезе имеют красно-розовый цвет.

Микроскопическое исследование

Выраженный атипизм гистоархитектоники опухолевой ткани. Саркоматозные клетки разнообразной формы и величины с выраженным ядерным полиморфизмом, в ядрах клеток встречаются фигуры митоза. Клеточный компонент опухоли продуцирует остеоидное вещество (остеоид) с формированием остеоидно-костных структур (участки опухолевого костеобразования). Незрелость костного вещества, нерегулярность его обызвествления, беспорядочно расположенные скопления остеоида (рис. 4). В метастазах лёгких опухолевая ткань соответствует её строению в основном очаге.

ОС относительно редкое злокачественное новообразование. У людей опухоль встречается в среднем с частотой 0,75 на 100 000 населения. Однако в группе злокачественных новообразований костей её удельный вес достаточно велик и достигает 30%. В молодом возрасте ОС чаще возникают у высокорослых детей и юношей («акселератов») в длинных трубчатых костях, в зонах максимальной скорости роста скелета. ОС у собак развиваются преимущественно у животных крупных и гигантских пород и практически не наблюдаются у мелких представителей этого вида [18]. ОС у обезьян встречаются крайне редко [10-16]. Насколько нам известно, данное сообщение является первым описанием случая ОС у мартышки зелёной вида *Chlorocebus sabaeus spp*. Зелёные мартышки, также называемые «верветки» или «гриветы», включают несколько близких видов, характеризуются продолжительностью жизни в неволе до 32 лет, самки достигают половой зрелости в 2 года, а самцы – в 5 лет. Масса взрослых самцов в среднем 5,5 кг, самок – 4,1 кг. [19]. У данного животного мы рассматривали как вариант лечения ампутацию поражённой конечности. Однако, к моменту установления диагноза опухоль метастазировала в лёгкие, что быстро привело к развитию летального исхода.

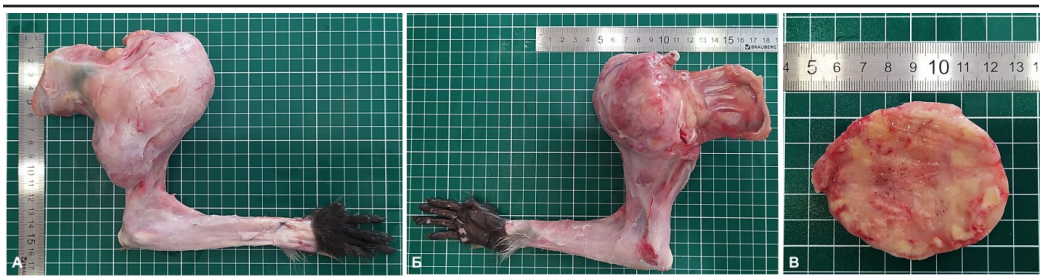


Рисунок 3 – Макропрепарат конечности с опухолью (секционный материал). А, Б – опухоль представляет собой узловое образование неправильной формы. В – ткань опухоли на разрезе имеет пёстрый вид.

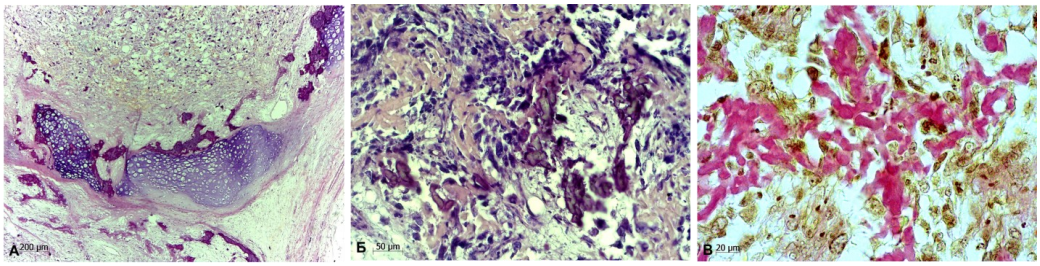


Рисунок 4 – Остеогенная саркома. А – головка плечевой кости, разрушение кортикального слоя и хряща суставной поверхности, очаги патологической оссификации. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение ×50. Б - основное проявление опухолевого костеобразования – формирование остеоидных балок (гомогенные, эозинофильно окрашенные) с неровными контурами. Остеоидные балки (бледно-розовое окрашивание) имеют неправильную форму и окружены остеобластами. В остеоиде присутствуют очаги оссификации. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение ×200. В – остеоид в ткани опухоли образует балки с неправильными формами, пурпурно-красное окрашивание. Окраска пикрофуксином по Ван Гизону, увеличение ×400.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Возможность развития спонтанной ОС и сходство патоморфологической картины опухолевого роста между низшими обезьянами и людьми, позволяет рассматривать этих животных в качестве редчайших, но наиболее адекватных и естественных моделей для изучения механизмов возникновения и развития опухоли, а также для разработки прогностических и диагностических маркеров, а также таргетной терапии как первичной, так и метастатической ОС.

Диагностика патологии костей у обезьян должна основываться на комплексе данных клинических, рентгенологических и патологоанатомических исследований.

A CASE OF SPONTANEOUS OSTEOSARCOMA IN A FEMALE GREEN MONKEY

Oganesyan A.O. – junior researcher (ORCID 0000-0003-0450-1702); **Simavonyan K.V.** – PhD (medical), Radiologist (ORCID 0000-0001-9119-8822); **Kolesnik Yu.A**. – laboratory assistant researcher (ORCID 0000-0001-9440-5145); **Gvozdik T.E.** – veterinarian (ORCID 0000-0001-7171-4500); **Kordonova A.V.** – veterinarian (ORCID 0009-0003-9563-2499); **Ilyazyants D.A.** - junior researcher (ORCID 0000-0002-4681-7783); **Shestakov V.A.** – PhD (veterinary), senior researcher, associate professor (ORCID 0000-0002-8090-3423); **Radomskaya E.Yu.** – pathologist (ORCID 0000-0002-8590-

2198); **Shlyapnikov S.M.** – PhD (agriculture), senior researcher, associate professor (ORCID 0000-0002-2981-6949); **Agumava A.A.** – PhD (biological), molecular biology laboratory head (ORCID 0000-0003-2675-4057); **Bulgin D.V.** – PhD (medical), anatomical pathology laboratory head (ORCID 0000-0003-1739-8505).

National Research Centre «Kurchatov Institute»

* j.kolesnick2010@yandex.ru

Financing. *The work was carried out within the framework of the State assignment National Research Centre «Kurchatov Institute»*

ABSTRACT

Osteosarcoma (OS) is the most common primary malignant tumor of bone tissue in humans, laboratory animals, and domestic animals. The causes of OS remain unknown in most cases. OC can affect any part of the skeleton, but is most often localized in long bones. OS is characterized by diffuse infiltrative growth, rapid dissemination via blood vessels and the development of multiple metastases in the lungs. To reliably verify the diagnosis of OS, it is necessary to compare the results of an X-ray examination of the lesion with data obtained from a morphological examination of biopsy or surgical material obtained from tumor tissue. This article describes a rare case of spontaneously occurring OS of the proximal humerus with multiple metastatic nodes in the lungs in a mature female green monkey (*Chlorocebus aethiops ssp*.). A large tumor mass destroyed the cortical layer and periosteum of the humerus, grew into adjacent tissues, and multiple metastases were found in the lungs. Microscopically, the tumor was an anaplastic mesenchymal neoplasm with invasive growth and foci of ossification and the formation of neoplastic bone tissue (osteoid). Atypical cells of tumor tissue had different shapes, structures and sizes. To our knowledge, this is the first described case of OS manifestation in the appendicular skeleton in the green monkey. The occurrence of spontaneous OS in lower monkeys and the similarity of pathological changes at the macro- and microscopic levels indicates the possibility of using these animals as a natural model for studying similar pathology in humans.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Mirabello L, Troisi RJ, Savage SA. International osteosarcoma incidence patterns in children and adolescents, Middle Ages and elderly persons. Int J Cancer. 2009 Jul 1; 125 (1):229-34. doi: 10.1002/ijc.24320.
2. Salyards GW, Blas-Machado U, Mishra S, Harvey SB, Butler AM. Spontaneous osteoblastic osteosarcoma in a Mongolian gerbil (Meriones unguiculatus). Comp Med. 2013 Feb; 63 (1):62-6.
3. Worch J, Matthay KK, Neuhaus J, Goldsby R, DuBois SG. Osteosarcoma in children 5 years of age or younger at initial diagnosis. Pediatr Blood Cancer. 2010 Aug; 55 (2): 285-9. doi: 10.1002/pbc.22509.
4. Guijarro MV, Ghivizzani SC, Gibbs CP. Animal models in osteosarcoma. Front Oncol. 2014 Jul 18;4:189. doi: 10.3389/fonc.2014.00189. Erratum in: Front Genet. 2015 Jan 14; 5: 475. doi: 10.3389/fgene.2014.00475.
5. Szewczyk M, Lechowski R, Zabielska K. What do we know about canine osteosarcoma treatment? Review. Vet Res Commun. 2015 Mar;39(1):61-7. doi: 10.1007/s11259-014-9623-0.
6. Marconato L, Annoni M, Massari F, Zanardi S, Stefanello D, Ferrari R, et al. A retrospective Italian Society of Veterinary Oncology (SIONCOV) study of 56 cats with appendicular osteosarcoma. Vet Comp Oncol. 2024 Jun; 22 (2):198-203. doi: 10.1111/vco.12966.
7. Ishikawa M, Kondo H, Onuma M, Shibuya H, Sato T. Osteoblastic osteosarcoma in a rabbit. Comp Med. 2012 Apr;62 (2):124-6.
8. Hong S, Lee HA, Choe O, Chung Y, Kim O. Spontaneous osteosarcoma of the femur in a non-obese diabetic mouse. Lab Anim Res. 2011 Sep;27(3):251-4. doi: 10.5625/lar.2011.27.3.251.
9. Fossey SL, Vahle JL, and Leininger JR.

Bones, Joints and Synovia. In: Boorman's Pathology of the Rat. Reference and Atlas, 2nd ed. AW Suttie (ed). Academic Press, San Diego. 299–322. 2018.
10. Reed C, Garman RH. Osteosarcoma in a squirrel monkey. J Am Vet Med Assoc. 1977 Nov 1;171(9):976-9.
11. Knight JA, Wadsworth PF. Osteosarcoma of the tibia in a squirrel monkey (Saimiri sciureus). Vet Rec. 1981 Oct 24;109 (17):385-6. doi: 10.1136/vr.109.17.385-a.
12. Russell SW, Jenson FC, Vanderlip JE, Alexander NL. Osteosarcoma of the mandible of a baboon (Papio papio): morphological and virological (oncornavirus) studies, with a review of neoplasms previously described in baboons. J Comp Pathol. 1979 Jul;89(3):349-60. doi: 10.1016/0021-9975 (79)90024-0.
13. Mezzles MJ, Dick EJ Jr, Owston MA, Bauer C. Osteosarcoma in Baboons (Papio spp). Comp Med. 2015 Apr;65(2):144-9.
14. Gliatto JM, Bree MP, Mello NK. Extraosseous osteosarcoma in a nonhuman primate (Macaca mulatta). J Med Primatol. 1990;19(5):507-13.
15. Goldschmidt B, Calado MI, Resende FC, Caldas RM, Pinto LW, Lopes CA, et al. Spontaneous telangiectatic osteosarcoma in a rhesus macaque (Macaca mulatta). J Med Primatol. 2017 Apr;46(2):51-55. doi: 10.1111/jmp.12254.
16. Beam SL. Combined-type Osteosarcoma in a Rhesus Macaque. Veterinary Pathology. 2005; 42 (3):374-377. doi:10.1354/vp.42-3-374.
17. Chichester L, Gee MK, Jorgensen MJ, Kaplan JR. Hematology and Clinical Chemistry Measures During and After Pregnancy and Age- and Sex-Specific Reference Intervals in African Green Monkeys (Chlorocebus aethiops sabaeus). J Am Assoc Lab Anim Sci. 2015 Jul;54(4):359-67.
18. Нейштадт Э. Л., Маркочев А. Б. Опухоли и опухолеподобные заболевания костей: руководство — Санкт-Петербург: ФОЛИАНТ, 2007. — 344 с.
19. Skinner JD, Smithers RHN. 1990. The mammals of the southern African subregion, 2nd edition. Pretoria (South Africa): Univ Pretoria. 771 p.

REFERENCES

1. Mirabello L, Troisi RJ, Savage SA. International osteosarcoma incidence patterns in children and adolescents, Middle Ages and elderly persons. Int J Cancer. 2009 Jul 1; 125 (1):229-34. doi: 10.1002/ijc.24320.
2. Salyards GW, Blas-Machado U, Mishra S, Harvey SB, Butler AM. Spontaneous osteoblastic osteosarcoma in a Mongolian gerbil (Meriones unguiculatus). Comp Med. 2013 Feb; 63 (1):62-6.
3. Worch J, Matthay KK, Neuhaus J, Goldsby R, DuBois SG. Osteosarcoma in children 5 years of age or younger at initial diagnosis. Pediatr Blood Cancer. 2010 Aug; 55 (2): 285-9. doi: 10.1002/pbc.22509.
4. Guijarro MV, Ghivizzani SC, Gibbs CP. Animal models in osteosarcoma. Front Oncol. 2014 Jul 18;4:189. doi: 10.3389/fonc.2014.00189. Erratum in: Front Genet. 2015 Jan 14; 5: 475. doi: 10.3389/fgene.2014.00475.
5. Szewczyk M, Lechowski R, Zabielska K. What do we know about canine osteosarcoma treatment? Review. Vet Res Commun. 2015 Mar;39(1):61-7. doi: 10.1007/s11259-014-9623-0.
6. Marconato L, Annoni M, Massari F, Zanardi S, Stefanello D, Ferrari R, et al. A retrospective Italian Society of Veterinary Oncology (SIONCOV) study of 56 cats with appendicular osteosarcoma. Vet Comp Oncol. 2024 Jun; 22 (2):198-203. doi: 10.1111/vco.12966.
7. Ishikawa M, Kondo H, Onuma M, Shibuya H, Sato T. Osteoblastic osteosarcoma in a rabbit. Comp Med. 2012 Apr;62 (2):124-6.
8. Hong S, Lee HA, Choe O, Chung Y, Kim O. Spontaneous osteosarcoma of the femur in a non-obese diabetic mouse. Lab Anim Res. 2011 Sep;27(3):251-4. doi: 10.5625/lar.2011.27.3.251.
9. Fossey SL, Vahle JL, and Leininger JR. Bones, Joints and Synovia. In: Boorman's Pathology of the Rat. Reference and Atlas, 2nd ed. AW Suttie (ed). Academic Press, San Diego. 299–322. 2018.
10. Reed C, Garman RH. Osteosarcoma in a squirrel monkey. J Am Vet Med Assoc. 1977 Nov 1;171(9):976-9.

11. Knight JA, Wadsworth PF. Osteosarcoma of the tibia in a squirrel monkey (Saimiri sciureus). Vet Rec. 1981 Oct 24;109 (17):385-6. doi: 10.1136/vr.109.17.385-a.
12. Russell SW, Jenson FC, Vanderlip JE, Alexander NL. Osteosarcoma of the mandible of a baboon (Papio papio): morphological and virological (oncornavirus) studies, with a review of neoplasms previously described in baboons. J Comp Pathol. 1979 Jul;89(3):349-60. doi: 10.1016/0021-9975 (79)90024-0.
13. Mezzles MJ, Dick EJ Jr, Owston MA, Bauer C. Osteosarcoma in Baboons (Papio spp). Comp Med. 2015 Apr;65(2):144-9.
14. Gliatto JM, Bree MP, Mello NK. Extraosseous osteosarcoma in a nonhuman primate (Macaca mulatta). J Med Primatol. 1990;19(5):507-13.
15. Goldschmidt B, Calado MI, Resende FC, Caldas RM, Pinto LW, Lopes CA, et al. Spontaneous telangiectatic osteosarcoma in a rhesus macaque (Macaca mulatta). J Med Primatol. 2017 Apr;46(2):51-55. doi: 10.1111/jmp.12254.
16. Beam SL. Combined-type Osteosarcoma in a Rhesus Macaque. Veterinary Pathology. 2005; 42 (3):374-377. doi:10.1354/vp.42-3-374.
17. Chichester L, Gee MK, Jorgensen MJ, Kaplan JR. Hematology and Clinical Chemistry Measures During and After Pregnancy and Age- and Sex-Specific Reference Intervals in African Green Monkeys (Chlorocebus aethiops sabaeus). J Am Assoc Lab Anim Sci. 2015 Jul;54(4):359-67.
18. Нейштадт Э. Л., Маркочев А. Б. Опухоли и опухолеподобные заболевания костей: руководство — Санкт-Петербург: ФОЛИАНТ, 2007. — 344 с.
19. Skinner JD, Smithers RHN. 1990. The mammals of the southern African subregion, 2nd edition. Pretoria (South Africa): Univ Pretoria. 771 p.

УДК: 577.1:639.211.3.043:615.331
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.287

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Карпенко Л.Ю.[1] – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Сидорова Н.А.** [2] – канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и экологии (ORCID 0000-0002-9659-9235); **Бахта А.А.** [1] – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-5193-2487); **Савушкин А.И.**[2] – науч. сотр. (ORCID 0009-0003-5202); **Полистовская П.А.** [1] – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0003-1977-0913); **Никонов И.Н.** [1 *] – канд. биол. наук, ст. преподаватель кафедры биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-9495-0178); **Балыкина А.Б.** [1] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-5373-4794)

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
[2] ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

[*] ilnikonov@yandex.ru

Ключевые слова: форель радужная, аквакультура, рыбное хозяйство, физиологический статус, биохимические показатели, кормовые добавки, пробиотики.

Key words: *Rainbow trout, aquaculture, fish farming, physiological status, biochemical indicators, feed additives, probiotics.*

Финансирование: *исследование выполнено при поддержке гранта российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).*

Поступила: 25.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн:26.03.2025



РЕФЕРАТ

В высокопродуктивном рыбоводстве, до сих пор, единственным способом профилактики и лечения инфекционных заболеваний служат антибиотики. Применение антибиотиков не всегда рационально, часто сопровождается формированием у патогенов множественной лекарственной устойчивости, сказывается на экологическом состоянии водоёма и безопасности выращиваемой рыбной продукции для человека. Многие антибактериальные препараты аккумулируются в отдельных органах и тканях и остаются стабильными даже после кулинарной обработки рыбы. В настоящее время, необходи-

мость в препаратах с адаптогенными свойствами можно связать с изменением ситуации на рынке кормовых добавок, нехваткой отечественных эффективных нутрицевтиков и биологически активных веществ, включая витамины, минеральные комплексы, пищевые волокна, про- и пребиотики. Целью исследования являлось изучение влияния на биохимический статус организма радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) применения в ее рационе различных пробиотических добавок. Биохимические показатели крови (активность АлАТ, АсАТ, ЩФ, концентрацию общего билирубина, общего белка, альбуминов, креатинина, мочевины, глюкозы, холестерина) определялись на автоматическом биохимическом анализаторе Chem Well (Awareness Technology, США). В ходе исследований выявлено, что изучаемые пробиотические препараты не обладает гепатотоксичным и нефротоксичным эффектом, на что указывает отсутствие достоверных изменений биохимических показателей, характеризующих работу печени и почек, а оказывают положительное влияние на белковый обмен рыбы. Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. Lactobacillus на метаболизм радужной форели. Полученные результаты выполненных исследований так же могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В высокопродуктивном рыбоводстве, до сих пор, единственным способом профилактики и лечения инфекционных заболеваний служат антибиотики. Применение антибиотиков не всегда рационально, часто сопровождается формированием у патогенов множественной лекарственной устойчивости, сказывается на экологическом состоянии водоёма и безопасности выращиваемой рыбной продукции для человека. Многие антибактериальные препараты аккумулируются в отдельных органах и тканях и остаются стабильными даже после кулинарной обработки рыбы [15]. При чрезмерном использовании антибиотиков в организме рыб наблюдется усиление накопления жиров в подкожно жировой прослойке и снижается накопление белков. Постоянное применение антибиотиков требует проводить корректировку дозировок в сторону увеличения количества действующего вещества, что приводит к существенному снижению продуктивности. Экспериментально доказано, что в условиях сильного стресса антибиотики перестают работать и не имеют прямого анаболического эффекта. Современные антибиотики – это сильнодействующие препараты, которые отпускаются по списку «Б», их применение требует соблюдение ряда требований, так их запрещено принимать без назначения, смешивать два или более препаратов [3]. С 1 января 2006 г все виды кормовых антибиотиков в странах ЕС полностью запрещены, кроме как рецептурно предписанных ветеринарными врачами. Перед запретом был предоставлен двухлетний период (2004-2005 г.г.) для перехода на альтернативные источники стимуляторов роста и продуктивности животных [Регламент Европейского Парламента и Совета (ЕС) от 22 сентября 2003 г]. Несмотря на внедренные меры, из-за высокого уровня восприимчивости аквакультурных видов рыб к болезням, ухудшения качества воды [6] и широкого спектра стрессовых состояний (от ферментативной недостаточности до инфекций и освоения новых условий обитания), индустрия аквакультуры продолжает испытывать постоянное ограничение в развитии, что в разы увеличивает важность разработки новых отечественных лечебно-профилактических препаратов со свойствами адаптогенов [8; 13].

Согласно определению адаптогенов [9], они должны быть неспецифическими, не оказывать неблагоприятного воздействия на организм, снижать восприимчивость к широкому спектру неблагоприятных воздействий химической, физической или биологической природы [14, 16]. Это загрязнение окружающей среды, изменение климата, пищевого рациона, инфек-

ционные или соматические заболевания. Установлено, что адаптогены способны контролировать реакцию организма на стресс, уменьшая наступление фазы истощения, которая является частью так называемого общего адаптационного синдрома [1, 10]. Подобную сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам внутренней и внешней среды связывают с нормализацией анаболических и катаболических функций, с восстановлением иммуносупрессивных эффектов, проявлением антиоксидантного эффекта, направленного на предотвращение токсического действия свободнорадикального окисления ненасыщенных жирных кислот, улучшения реологических и биохимических свойств крови. Ряд авторов считает, что многоцелевое воздействие адаптогенов связано с влиянием на нейроэндокринно-иммунную систему, с множественной стимуляцией защитных систем организма, активацией внутриклеточных и внеклеточных адаптивных сигнальных путей и экспрессией белков, активируемых стрессом, что приводит к восстановлению и повышению неспецифической резистентности и адаптации к стрессу [11,12]. В настоящее время, необходимость в препаратах с адаптогенными свойствами можно связать с изменением ситуации на рынке кормовых добавок, нехваткой отечественных эффективных нутрицевтиков и биологически активных веществ, включая витамины, минеральные комплексы, пищевые волокна, про- и пребиотики.

Целью исследования являлось изучение влияния на биохимический статус организма радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) применения в ее рационе различных пробиотических добавок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объектами исследования выступали мальки, годовики и двухлетки радужной форели *(Oncorhynchus mykiss).* В каждой возрастной группе выделяли подгруппы, в рацион которых вводили кормовые добавки («Пробиотик -1» и «Пробиотик -2») на основе различных штаммов бактерий р. *Lactobacillus.* Экспериментальные образцы пробиотиков были наработаны на базе ООО «Микробиом».

Температура в садках для форели находилась в пределах оптимальных для данных видов рыб и составляла в среднем 18,3°С. Содержание кислорода не опускалось ниже 6,4 мг/л. Водородный показатель в ходе исследования составлял 9,7 мг/л.

Отбор проб крови у рыб осуществлялся согласно установленной методике [4]. Биохимические показатели крови определялись на автоматическом биохимическом анализаторе Chem Well (Awareness Technology, США) по общепринятым методикам. Экспериментальные образцы пробиотиков были наработаны на базе ООО «Микробиом». Анализ результатов выполнен с использованием методов описательной статистики [2] и обработки экспериментальных данных в MS Excel [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты, полученные при определении основных биохимических показателей крови представлены в таблице.

При анализе показателей, характеризующих состояние печени (билирубин, активность АлАТ, АсАТ, ЩФ), выявлено, что они не имеют достоверных отличий от показателей рыб контрольной группы, что указывает на отсутствие гепатотоксического эффекта при применении исследуемых пробиотических добавок.

При анализе показателей, характеризующих состояние почек (креатинин, мочевина), выявлено, что они не имеют достоверных отличий от показателей рыб контрольной группы, что указывает на отсутствие нефротоксического эффекта при применении исследуемых пробиотических добавок.

Анализируя показатели белкового обмена, стоить отметить, что показатели общего белка второй опытной группы несколько выше значений первой группы (на 4,2 %), с этим коррелирует и концентрация альбуминов в сыворотке крови исследуемых рыб (отмечено повышение показателя концентрации альбуминов у 2

опытной группы по сравнению с контролем на 1,7 %). Показатели общего белка 3 опытной группы выше значений контрольной группы (на 7,1%), концентрации альбуминов выше на 7,6 %).

При этом отмечается тенденция снижения уровня мочевины у рыбы, которой применяли пробиотики. Это согласуется с данными, полученными в результате оценке показателей белкового обмена, и может указывать на усиления анаболического характера данного вида обмена при применении изучаемых пробиотиков.

Однако, рассматривая показатели азотного обмена, стоит также отметить, что при тенденции показателей концентрации мочевины в сыворотке крови рыб 2 и 3 опытных групп к снижению (на 5,71% и 4% соответственно) наблюдается незначительное повышение общего белка и альбуминов (рассмотрено выше). Все вышеуказанное может говорить о включении альбуминов в анаболические процессы и снижением потерь азота с мочевиной.

Рыбы усваивают углеводы только в виде моносахаридов, поэтому олигосахариды и полисахариды в пищеварительном тракте подвергаются ферментативному гидролизу до моносахаридов. Усвоение углеводов рыбами происходит примерно на 50-60% и зависит от сложности их структуры. Например, у форели углеводы усваиваются на 40%, в том числе глюкоза - на 100%, мальтоза - на 90%, сахароза - на 70%, лактоза - на 60%, сырой крахмал - на 40%, вареный - на 60% [7]. Достоверных отличий показателей концентрации глюкозы в сыворотке крови рыб подопытных групп от показателей контрольной группы не выявлено.

Рассматривая показатели липидного обмена, в частности, холестерол, стоит отметить, что говорить о снижении кишечной абсорбции нутриентов или уменьшении скорости биосинтеза эндогенного холестерола и триацилглицеринов ввиду дефицита энергии, т. к. достоверных отличий в показателях не выявлено.

Таблица 1 – Основные биохимические маркеры плазмы крови радужной форели *Oncorhynchus mykiss*, *(M±m)*

Показатель, ед.измерения	**Контрольная группа (группа 1)**	**Опытные группы**	
		Группа 2	**Группа 2**
АлАТ, МЕ\л	8,39±0,44	8,75±1,4	8,35±0,15
АсАТ, МЕ\л	13,5±0,78	14,1±1,25	14,89±0,25
ЩФ, МЕ\л	37,36±2,24	36,55±1,13	36,48±0,78
Общий белок, г/л	34,6 ±1,05	36,1 ±1,02	37,24 ±1,08*
Альбумины, г/л	11,88±1,47	12,01 ±0,51	12,86 ±1,39
Креатинин, мкмоль/л	63,04 ±1,24	63,44 ±1,56	63,56 ±1,5
Мочевина, ммоль/л	1,75 ±0,25	1,65 ±0,15	1,68 ±1,03
Глюкоза, ммоль/л	5,32 ±2,45	5,28 ±1,16	5,31 ±1,52
Билирубин, мг%	0,05±0,02	0,038±0,01	0,045±0,02
Холестерин, мг%	2,76±1,02	2,68±0,12	2,72±0,16

**- $p \leq 0,05$ относительно группы контроля.*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В ходе исследований выявлено, что изучаемые пробиотические препараты не обладает гепатотоксичным и нефротоксичным эффектом, на что указывает отсутствие достоверных изменений биохимических показателей, характеризующих работу печени и почек, а оказывают положительное влияние на белковый обмен рыбы. Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. Lactobacillus на метаболизм радужной форели. Полученные результаты выполненных исследований так же могут быть использованы для усовершенствования состава готовых рационов для данного вида рыб.

STUDY OF BIOCHEMICAL INDICATORS OF RAINBOW TROUT WITH THE USE OF PROBIOTIC PREPARATIONS.

Karpenko L.Yu.[1] **-** Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biochemistry and Physiology, (ORCID 0000-0002-2781-5993**)**; **Sidorova N.A.** [2] **–** Candidate of Sciences. Biol. sciences, assoc., assoc. Department of Zoology and Ecology **(**ORCID 0000-0002-9659-9235**)**; **Savushkin A.I.** [2] **–** scientific. comp. **(**ORCID 0009-0003-5202**); Bakhta A.A.** [1] - PhD in Biology, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology (ORCID 0000-0002-5193-2487); **Polistovskaya P.A.** [1] – Ph.D. in Biology, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0003-1977-0913); **Nikonov I.N.** [1]***** – Ph.D. in Biology, Senior Lecturer of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0001-9495-0178); **Balykina A.B.** [1] – Ph.D. in Veterinary Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0001-5373-4794

[1] St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

[2] Petrozavodsk State University

[*] ilnikonov@yandex.ru

Financing: The study was supported by grant No. 322-23 of the Russian Science Foundation (Agreement No. 23-16-20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with funding from the Venture Investment Fund of the Republic of Karelia (VIF RK).

ABSTRACT

In highly productive fish farming, antibiotics are still the only way to prevent and treat infectious diseases. The use of antibiotics is not always rational, often accompanied by the formation of multiple drug resistance in pathogens, affects the ecological state of the reservoir and the safety of farmed fish products for humans. Many antibacterial drugs accumulate in individual organs and tissues and remain stable even after cooking the fish. Currently, the need for drugs with adaptogenic properties can be associated with changes in the situation on the feed additives market, a shortage of domestic effective nutraceuticals and biologically active substances, including vitamins, mineral complexes, dietary fiber, pro- and prebiotics. The aim of the study was to study the effect of various probiotic supplements in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the biochemical status of its body. Blood biochemical parameters (ALT, AST, ALP activity, total bilirubin, total protein, albumin, creatinine, urea, glucose, cholesterol) were determined using an automatic Chem Well biochemical analyzer (Awareness Technology, USA). The studies revealed that the studied probiotic preparations do not have a hepatotoxic and nephrotoxic effect, as indicated by the absence of reliable changes in biochemical parameters characterizing the functioning of the liver and kidneys, but have a positive effect on the protein metabolism of fish. Thus, we can conclude that the experimental probiotic preparations based on strains of bacteria of the genus Lactobacillus have a positive effect on the metabolism of rainbow trout. The results of the studies can also be used to optimize the composition of production feed for rainbow trout.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Анализ возрастной динамики морфологических показателей крови форели радужной в условиях аквакультуры / Л. Ю. Карпенко, Н. А. Сидорова, П. А. Полистовская [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 4. – С. 236-243. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.

2.Ивантер Э. В. Основы вариационной статистики. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена, 1970. – 19 с.

3.Кормовые добавки. Под ред. А. М. Венедиктова и др. М.: Агропромиздат, 1992. 192 с.

4.Методические указания по проведению гематологического обследования рыб (утв. Минсельхозпродом России 02.02.1999 N 13-4-2/1487)

5.Мхитарян В.С., Ильенкова С.Д., Агапова Т.Н. Статистика. – М.: Юрайт, 2013. – 590 с.

6.Полистовская, П. А. Тяжелые металлы в водной экосистеме и их влияние на рыб / П. А. Полистовская, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – 88 с.

7.Физиология рыб. Книга 2. Питание и пищеварение / В. Г. Скопичев, Л. Ю. Карпенко, И. О. Боголюбова [и др.]. – Санкт-Петербург: Квадро, 2017. – 344 с. – ISBN 978-5-906371-25-8.

8.Bhattacharya S. K., Muruganandam A.V. Adaptogenic activity of Withaniasomnifera: an experimental study using a rat model of chronic stress // Pharmacol Biochem Behav. 2003. № 75(3). P. 547–55.

9.Lazarev N.V., Ljublina E.I., Rozin M.A. State of nonspecific resistance // Patol. Fiziol. Experim. Ter. 1959. № 3. P. 16-21.

10.Mendes F. R. Tonic, fortifier and aphrodisiac: adaptogens in the Brazilian folk medicine // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2011. № 21(4). P. 754-763.

11.Panossian A. Understanding adaptogenic activity: Specificity of the pharmacological action of adaptogens and other phytochemicals // Ann. N. Y. Acad. Sci. 2017. № 1401. P. 49-64.

12.Panossian A., Seo E.-J., Efferlh T. Novel molecular mechanisms for the adaptogenic effects of herbal extracts on isolated brain cells using systems biology // Phytomedicine 2018. №50. P. 257-284.

13.Panossian A., Wikman G. Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity // Curr Clin Pharmacol. 2009. 4(3). P. 198–219.

14.Sanchez-Lopez A.L., Ortiz G.G., Pacheco -Moises F.P., Mireles-Ramirez M.A., Bitzer-Quintero O.K., Delgado-Lara D.L.C., Ramirez-Jirano, L.J., Velazquez-Brizuela I.E. Efficacy of Melatonin on Serum Pro-inflammatory Cytokines and Oxidative Stress Markers in Relapsing Remitting Multiple Sclerosis // Arch. Med. Res. 2018. № 49. P. 391-398.

15.Timofeev N. P. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review) // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. Agricultural Science Euro-North-East. 2021. № 22(6). P. 804-825.

16.Vanden Berghe W., Sabbe L., Kaileh M., Haegeman G., Heyninck K. Molecular insight in the multifunctional activities of Withaferin // A. Biochem. Pharmacol. 2012. № 84. P. 1282-1291.

REFERENCES

1. Analysis of age dynamics of morphological parameters of rainbow trout blood in aquaculture / L. Yu. Karpenko, N. A. Sidorova, P. A. Polistovskaya [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2023. - No. 4. - P. 236-243. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.

2. Ivanter E. V. Fundamentals of Variation Statistics. - Petrozavodsk: Publishing House of Petrozavodsk State University named after O. V. Kuusinen, 1970. - 19 p.

3. Feed additives. Ed. A. M. Venediktova et al. Moscow: Agropromizdat, 1992. 192 p.

4. Guidelines for conducting hematological examination of fish (approved by the Ministry of Agriculture of Russia on 02.02.1999 N 13-4-2 / 1487)

5. Mkhitaryan V.S., Ilyenkova S.D.,

Agapova T.N. Statistics. - Moscow: Yurait, 2013. - 590 p.
6. Polistovskaya, P. A. Heavy metals in the aquatic ecosystem and their impact on fish / P. A. Polistovskaya, L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. - 88 p. - EDN VMICIC.
7. Fish physiology. Book 2. Nutrition and Digestion / V. G. Skopichev, L. Yu. Karpenko, I. O. Bogolyubova [et al.]. - St. Petersburg: Quadro, 2017. - 344 p. - ISBN 978-5-906371-25-8.
8. Bhattacharya S. K., Muruganandam A. V. Adaptogenic activity of Withaniasomnifera: an experimental study using a rat model of chronic stress // Pharmacol Biochem Behav. 2003. No. 75(3). R. 547-55.
9. Lazarev N. V., Ljublina E. I., Rozin M. A. State of nonspecific resistance // Patol. Fiziol. Experimen. Ter. 1959. No. 3. R. 16-21. 10. Mendes F. R. Tonic, fortifier and aphrodisiac: adaptogens in the Brazilian folk medicine // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2011. No. 21(4). R. 754-763.
11. Panossian A. Understanding adaptogenic activity: Specificity of the pharmacological action of adaptogens and other phytochemicals // Ann. N. Y. Acad. Sci. 2017. No. 1401. R. 49-64.
12. Panossian A., Seo E.-J., Efferlh T. Novel molecular mechanisms for the adaptogenic effects of herbal extracts on isolated brain cells using biology systems // Phytomedicine 2018. No. 50. R. 257-284.
13. Panossian A., Wikman G. Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity // Curr Clin Pharmacol. 2009. 4(3). R. 198–219.
14. Sanchez-Lopez A.L., Ortiz G.G., Pacheco-Moises F.P., Mireles-Ramirez M.A., Bitzer-Quintero O.K., Delgado-Lara D.L.C., Ramirez-Jirano, L.J., Velazquez-Brizuela I.E. Efficacy of Melatonin on Serum Pro-inflammatory Cytokines and Oxidative Stress Markers in Relapsing Remitting Multiple Sclerosis // Arch. Med. Res. 2018. No. 49. R. 391-398.
15. Timofeev N. P. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review) // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. Agricultural Science Euro-North-East. 2021. No. 22(6). R. 804-825.
16. Vanden Berghe W., Sabbe L., Kaileh M., Haegeman G., Heyninck K. Molecular insight into the multifunctional activities of Withaferin // A. Biochem. Pharmacol. 2012. No. 84. R. 1282-1291.

УДК: 636.5: 611.73.013
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.294

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ГРУДНОЙ МЫШЦЫ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА КОББ-500 ПРИ РАЗНЫХ РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ

Степанишин В.В.* – канд. биол. наук, доц., доц. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; **Позябин С.В.** – д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. ветеринарной хирургии; **Борхунова Е.Н.** – д-р биол. наук, доц., зав. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова.

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина».

*stepanishin.victor@yandex.ru

Ключевые слова: поверхностная грудная мышца, бройлеры, кросс Кобб-500, морфология, микроморфометрия, пробиотик, пребиотик, сорбент.
Keywords: quadriceps femoris muscle, broilers, Cobb-500 cross, morphology, micromorphometry, probiotic, prebiotic, sorbent.

Поступила: 28.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

На основании комплексных морфологических исследований представлена сравнительная характеристика светооптических, ультраструктурных и морфометрических показателей поверхностной грудной мышцы у 35-ти дневных цыплят-бройлеров мясного кросса Кобб-500, содержащихся на разных рационах: основном и с добавлением к нему кормовых добавок (пребиотик, пробиотик, сорбент) отечественного производства. Показано, что в зависимости от особенностей рациона кормления в поверхностная грудной мышце варьирует степень развития мышечных волокон и соединительнотканного компонента мышцы, а также плотность упаковки миофибрилл и развитие митохондриальной сети. У представителей кросса Кобб-500 в группах «Контроль», «Пребиотик» и «Пробиотик» отмечены сходные морфологические и морфометрические показатели поверхностной грудной мышцы. Для всех трех групп характерна плотная упаковка мышечных волокон первого порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия. При этом перимизий хорошо развит, что определяет достаточно рыхлое расположение пучков второго порядка. В группах «Пребиотик» и «Пробиотик» по сравнению с контрольными образцами возрастало представительство мышечных волокон большого диаметра, что может указывать на синхронизацию роста разных мышечных волокон на фоне применения соответствующих кормовых добавок. В группе «Сорбент» определяли выраженное уменьшение плотности расположения мышечных волокон и их пучков в структуре мышцы при значительном представительстве соединительной ткани и малом содержании белой жировой ткани. В этой группе выявлены признаки, которые могут указывать на замедленную реализацию ростовых процессов в мышце. Полученные данные целесообразно учитывать при со-

ставлении рационов в промышленном птицеводстве. Они также могут применяться в качестве морфологических критериев при оценке качества мяса птицы в ходе товароведческой и ветеринарно-санитарной экспертизы.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации по Указу Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 года № 145 включает понятие технологического суверенитета, которое обозначает способность государства разрабатывать и использовать жизненно важные наукоемкие технологии, а также организовывать производство в стратегически значимых секторах в условиях санкционного давления. Одним из ключевых направлений, способствующих продовольственной безопасности страны, является развитие птицеводства. К 2020 году производство бройлеров в России на 97-98% зависело от импортных поставок племенного материала несмотря на то, что уровень обеспечения мясом птицы в стране превышал 100%. За последние три года ситуация начинает меняться, и птицеводство продолжает играть важную роль в продовольственном снабжении населения, удовлетворяя растущий спрос населения не только внутри страны, но зарубежом. С учетом глобальных вызовов, таких как изменение климата и рост численности населения, необходимо применять инновационные технологии и эффективные методы управления производством птицы [1, 5, 8, 10, 12, 14, 16, 20].

Современные методы птицеводства включают оптимизацию процесса селекции, улучшение кормления и применение технологий для мониторинга здоровья птицы. Улучшение подходов к повышению продуктивного потенциала цыплят-бройлеров, в частности через оптимизацию кормового рациона, должно основываться на научно обоснованных критериях оценки влияния различных добавок на физическое состояние и продуктивность [9, 11, 15].

Особое внимание уделяется исследованию воздействия кормовых добавок на рост и развитие скелетных мышц бройлеров, поскольку ускоренное наращивание мышечной массы в раннем постэмбриональном периоде связано с увеличенной нагрузкой на физиологические системы животных. [2, 22, 23, 24].

Таким образом, исследование применения отечественных кормовых добавок в рационе цыплят-бройлеров и их комплексная оценка с учетом структуры скелетных мышц является важной областью научных исследований не только для развития отрасли птицеводства, но и для обеспечения продовольственной безопасности России и мира. Цель исследования – представить сравнительную светомикроскопическую, ультраструктурную и морфометрическую характеристику поверхностной грудной мышцы цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» при различных рационах кормления с использованием кормовых добавок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Научные исследования были проведены на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии реализованы в лаборатории патологии клетки НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ "РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского". Содержание птиц и манипуляции с ними проводили в соответствии с ГОСТ 34088 — 2017 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными» и Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии от 14.11.2023 N 33 О Руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований.

Объектом исследования служили цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500» в возрасте 35 суток клеточного содержания. Параметры микроклимата, условия содер-

жания, плотность посадки, фронт кормления и поения соответствовали нормам ФНЦ «ВНИТИП» РАН (2013). Цыплят подразделяли на 4 группы (по 25 птиц в каждой): «Контроль», «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент». В группе «Контроль» цыплята-бройлеры получали полнорационный комбикорм согласно периоду выращивания. На протяжении всего периода выращивания к полнорационному комбикорму птице группы «Пребиотик» - пребиотика «Ньюмит» в дозировке 0,5 г/кг, птице группы «Пробиотик» добавляли пробиотик «Бифидонол» в дозировке 0,5 г/кг корма, птице группы «Сорбент» - добавку «Сорбент Эко» в дозировке 2 г/кг.

Для гистологических исследований сразу после убоя отбирали фрагменты поверхностной грудной мыщцы, которые фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина в течение 24-х часов. После промывки в проточной образцы мышц обезвоживали в дегидратирующем растворе «Изопреп» и заливали в парафин по общепринятой методике. Изготовление гистологических срезов осуществляли с помощью микротома LEICA RM 2235. Срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Микропрепараты изучали с помощью микроскопов Microscreen и Jenamed-2, совмещенных с цифровой системой визуализации объектов для реализации микрофотосъемки объектов и программой анализа цифрового изображения ImageScope 4.0. Цифровой материал подвергали статистической обработке с помощью программы Statistica 8.1 (Statsoft). Для выявления отличительных количественных характеристик мышц использовали критерий Краскела-Уоллеса, различия считали значимыми при значении $p \leq 0,05$.

Для исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии образцы мышцы размером 2 $мм^3$ фиксировали 2,5-% раствором глутарового альдегида на фосфатном буфере (pH 7,4), дофиксировали в 1-% растворе тетраоксида осмия (OsO_4), обезвоживали в этаноле по общепринятой схеме, в процессе обезвоживания контрастировали 1-% уранилацетатом на 70-% этаноле и проводили заливку в смесь эпон–аралдит по стандартной методике (Dey, P. (2022). Ультратонкие срезы получали на ультратоме LKB-III (LKB Produkter, Швеция), дополнительно контрастировали цитратом свинца по Рейнольдсу и просматривали в просвечивающем электронном микроскопе JEM-100CX (JEOL, Япония). Фотофиксация препаратов на увеличении ×14000 (площадь поля зрения 100 $мкм^2$) осуществлялась с помощью камеры Gatan ES500W Erlangshen (Model 782), (Gatan Inc., США). Полученные снимки с увеличением использовались для проведения морфометрического исследования толщины и плотности расположения миофибрилл, определения плотности расположения, размера и количества митохондрий. Эти показатели отражают интенсивности метаболических и биосинтетических процессов в мышечных волокнах. При морфометрических исследованиях изображений, полученных методом трансмиссионной электронной микроскопии. использовали программный комплекс Fiji, построенный на базе программы ImageJ v2 с соответствующими плагинами. Измерения проводили в микрометрах после предварительной геометрической калибровки по оцифрованной при том же увеличении шкале. Статистическую обработку результатов выполняли в программе GraphPad Prism v8.41 (США). Для выявления нормальности распределения использовали тест Д'Агостино-Пирсона. При нормальном распределении использовали t-тест Стьюдента для парного сравнения и тест Тьюки для сравнения трёх и более групп. Различия групп исследования с контрольной оценивали с помощью теста Даннета. При ненормальном распределении использовали тест Манна-Уитни для парного сравнения и тест Данна для сравнения трёх и более групп. Статистически значимыми считали различия при уровне статистической значимости (α) или вероятности ошибки отклонения от нулевой гипотезы или ниже 5% ($p < 0,05$). При построении графиков

изображали арифметическое среднее и стандартное отклонение. Силу различий обозначали следующим образом: «*» соответствует $p < 0,05$; «**» – $p < 0,005$; «***» – $p < 0,0005$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При сравнительной оценке живой массы цыплят-бройлеров кросса Кобб установлено, что использование кормовых добавок приводило к увеличению этого показателя во всех опытных группах (таблица 1).

При сравнительной оценке веса грудных мышц на кости у цыплят-бройлеров кросса Кобб-500-500 установлено, что по сравнению с контрольными образцами изучаемый показатель возрастал в группе «Пребиотик» в среднем на 109 г, оставался без изменений в группе «Пробиотик» и достоверно, в среднем на 279 г, увеличивался в группе «Сорбент» (табл. 2).

Таблица 1 – Живая масса цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 на 35-е сутки, г Me (Q_1÷Q_3)

Показатели	Группы			
	«Контроль» n=25	«Пребиотик» n=25	«Пробиотик» n=25	«Сорбент» n=25
Живая масса, г	2610 (2465÷2712)	2780 (2645÷2930)	2412 (2070÷2755)	3055* (3035÷3075)

** Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы (p≤0,05) .*

Таблица 2 – Характеристика грудных мышц цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 по массе, г., Me (Q_1÷Q_3)

Кросс	Группы			
	Контроль n=25	«Пребиотик» n=25	«Пробиотик» n=25	«Сорбент» n=25
Вес грудки на кости, г	550 (524÷566)	659 (604÷715)	564 (409÷698)	829* (812÷846)

** Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы (p≤0,05) .*

При микроскопических исследованиях установлено, что у птиц изученных групп при использовании в рационе разных кормовых добавок варьируют некоторые структурные показатели поверхностной грудной мышцы, а именно плотность расположения мышечных волокон в структуре пучка, степень развития соединительной ткани в мышце и белой жировой ткани в перимизии, плотность расположения миофибрилл в миосимпластах, организация митохондриальной сети.

В группе «Контроль» (рисунок 1) в поверхностной грудной мышце выявлено плотное расположение мышечных волокон в пучках 1 порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия. Перимизий формирует прослойки более тонкие и более мощные, представленные главным образом рыхлой соединительной тканью, белая жировая ткань. В структуре мышечных пучков преобладают красные мышечные волокна, белые волокна единичны. Среди красных мышечных волокон, как и в других изучаемых кроссах определяются волокна большой, средней и малой толщины, которые демонстрируют асинхронность формирования волокон в ходе роста мышцы. Волокна малой тол-

щины являются формирующимися и указывают на незавершенность роста мышцы. В поверхностной грудной мышце цыплят-бройлеров контрольной группы таких волокон выявлено 5-7 в поле зрения микроскопа при увеличении в 400 раз (рисунок 1, таблица 3).

В группе «Пребиотик» структура поверхностной грудной мышцы отличается от контрольных образцов большей рыхлостью расположения пучков мышечных волокон 2-го порядка (рисунки 2, 3, таблица 3). Это связано с большей толщиной перимизия, в котором располагается белая жировая ткань, развитая в большей степени по сравнению с группой «Контроль». Примечательно, что в структуре пучков преобладают мышечные волокна большого диаметра, малых волокон становится меньше (1-2 в поле зрения при увеличении в 400 раз). Возрастает количество белых мышечных волокон (2-4 в поле зрения при увеличении в 400 раз). Важно отметить изменение его структуры: так, в нем нередко визуализируются адипоциты, расположенные одиночно или небольшими группами и имеющие мелкокапельные включения липидов в цитоплазме (рисунок 4), что указывает на начало биосинтеза липидов. Наряду с этим в перимизии определяется белая жировая ткань, в которой находятся как типичные адипоциты перстневидной формы, цитоплазма которых заполнена включениями липидов, так и адипоцитами, находящимися на начальной стадии накопления липидов, что может указывать на старт процесса формирования белой жировой ткани в соединительнотканном компоненте мышцы в данный период онтогенеза на фоне применения пребиотика. Обращают на себя внимание единичные мышечные волокна с признаками деструкции (рисунок 4).

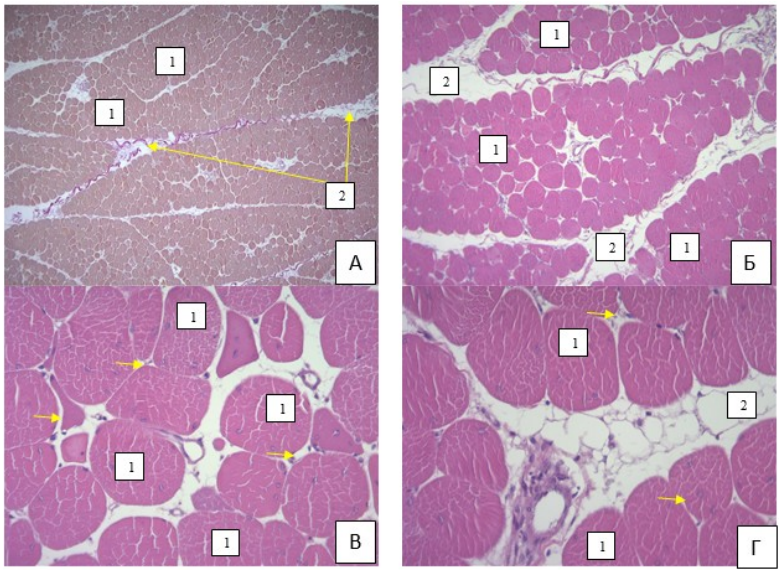


Рисунок 1. Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Контроль». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна в структуре пучков 1 порядка (1) упакованы плотно, перимизий (2) хорошо выражен. Ван-Гизон, х40. Б – среди пучков мышечных волокон (1) виден хорошо развитый перимизий (2), в котором наблюдаются хорошо выраженные пучки коллагеновых волокон. Гематоксилин и эозин, х100. В – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, миофибриллы в них расположены плотно, эндомизий (показан стрелками) тонкий. Гематоксилин и эозин, х400. Г – мышечные волокна (1) окружены тонким эномизием (стрелки), в перимизии (2) наблюдается белая жировая ткань. Гематоксилин и эозин, х400.

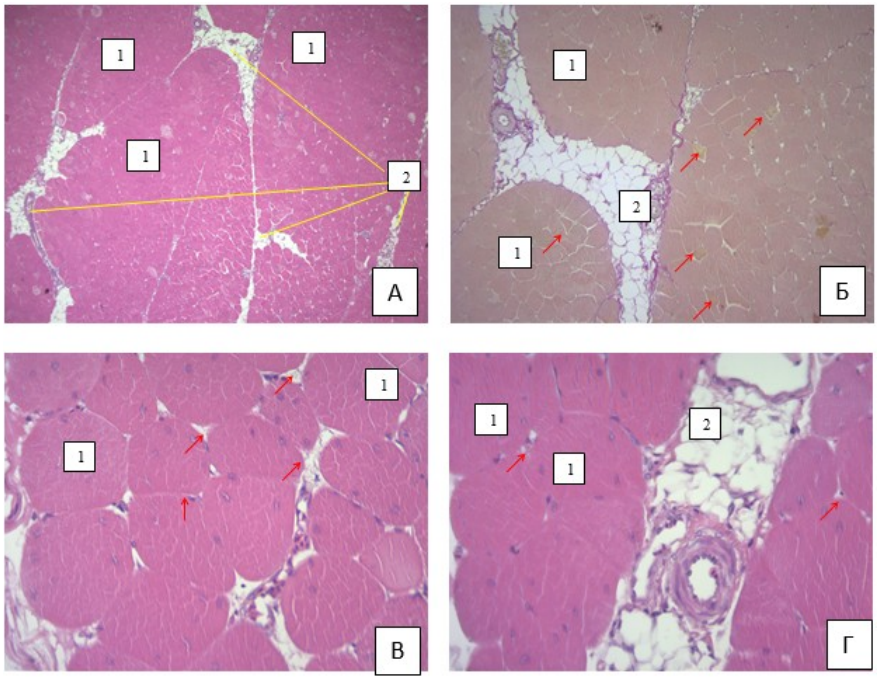


Рисунок 2. Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Пребиотик». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна в структуре пучков 1 порядка (1) расположены плотно, перимизий (2) формирует более толстые, чем в контроле, прослойки, содержащие белую жировую ткань. Гематоксилин и эозин, х40. Б – мышечные волокна расположены плотно, количество белых волокон (стрелки), виден перимизий (2), содержащий белую жировую ткань. Ван-Гизон, х100. В – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, преобладают волокна большого диаметра. Эндомизий тонкий (стрелки), в связи с чем волокна располагаются в пучке плотно. Гематоксилин и эозин, х400. Г – мышечные волкна (1) окружены тонким эндомизием (стрелки), в перимизии (2) видна белая жировая ткань. Гематоксилин и эозин, х400.

В группе «Пробиотик», как и в двух предыдущих группах, сохраняется плотное расположение мышечных волокон в структуре пучков 1-го порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия (рисунок 4, таблица 3). В отличие от группы «Пребиотик», здесь не выявлено признаков дифференцировки адипоцитов в соединительной ткани. Среди мышечных волокон преобладают волокна большого диаметра, что может указывать на лучшую синхронизацию ростовых процессов в мышечные волокна на фоне включения в рацион пробиотика. Белые мышечные волокна немногочисленны. При этом перимизий характеризуется более равномерной толщиной, чем в остальных группах. В соединительной ткани перимизия регистрируются включения белой жировой ткани, в которой адипоциты имеют типичную перстневидную форму.

Наиболее рыхлая структура поверхностной грудной мышцы выявлена у цыплят-бройлеров группы «Сорбент» (рисунки 5 и 6). Это связано с наибольшим, по сравнению с другими группами, представительством соединительнотканного компонента в ее структуре (рисунок 5, таблица 3). По показателю толщины эндомизия образцы этой группы вдвое превосходят другие группы, толщина перимизия здесь также больше. Что касается структуры перимизия, то в ней

преобладает рыхлая соединительная ткань. В широких прослойках перимизия встречается белая жировая ткань. Примечательно, что в структуре мышечных пучков становится больше волокон малого диаметра (4-5 в поле зрения при увеличении в 400 раз) по сравнению с группами «Пребиотик» и «Пробиотик» (рисунок 5). Более того, в перимизии наблюдаются клеточные скопления, которые представляют собой очаги миогенеза: здесь отмечаются стадии формирования миотубул и мышечных волокон (рисунок 6). Все это указывает на меньшую морфологическую зрелость изучаемой мышцы у цыплят-бройлеров, получавших в качестве кормовой добавки сорбент, по сравнению с птицами, получавшими пребиотик и пробиотик, а также основной рацион.

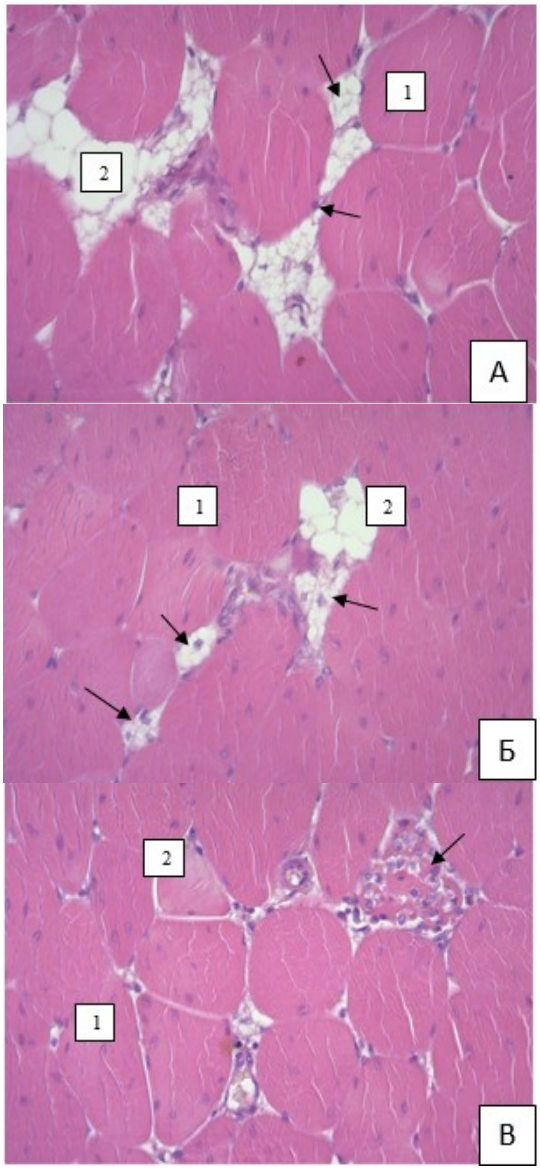


Рисунок 3 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Пребиотик». Поперечный срез. А – адипоциты в эндомизии (стрелки) и тонких прослойках перимизия (2) среди мышечных волокон (1). Гематоксилин и эозин, х400.

Б – среди мышечных волокон (1) в эндомизии видны единичные адипоциты с мелкокапельными включениями липидов (сттрелки), что указывает на начальные стадии образования белой жировой ткани в соединительнотканном компоненте мышцы. 2 – адипоциты с крупной каплей включений липидов. Гематоксилин и эозин, х400.

В – в структуре пучка преобладают красные мышечные волокна (1), 2 – белое мышечное волокно, стрелкой показано мышечное волокно с признаками деструкции. Гематоксилин и эозин, х400.

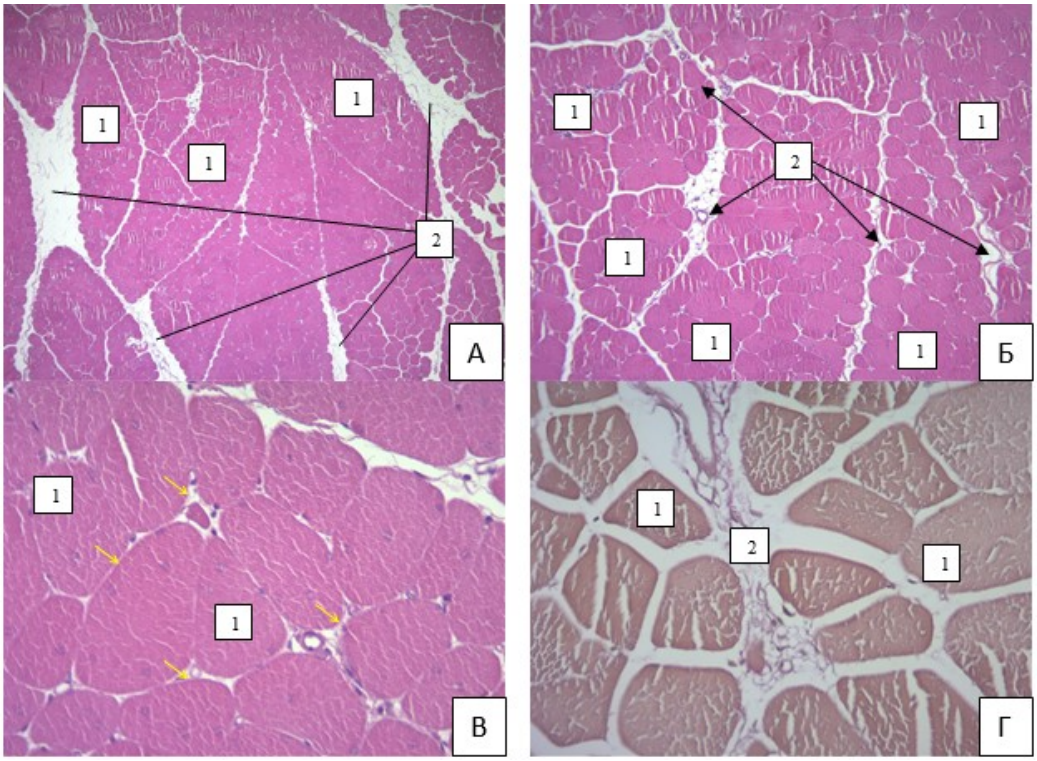


Рисунок 4 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Пробиотик». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна в структуре пучков 1 порядка (1) расположены плотно, перимизий (2) представлен как тонкими прослойками, так и толстыми, содержащими белую жировую ткань. Гематоксилин и эозин, х40. Б – тот же препарат, что на рисунке А, при большем увеличении. Обозначения те же. Гематоксилин и эозин, х100. В – среди мышечных волокон многие имеют большой диаметр (1). Эндомизий тонкий (стрелки), благодаря чему волокна расположены плотно. Гематоксилин и эозин, х400. Г – область мышцы, где в структуре перимизия (2) хорошо развиты пучки коллагеновых волокон (окрашены в красный цвет), 1 – мышечные волокна. Ван-Гизон, х400.

Сравнительная характеристика поверхностной грудной мышцы по микроморфометрическим критериям представлена в таблице 3.

Как следует из таблицы 3, образцы поверхностной грудной мышцы птиц изученных групп были сходны по показателям толщины мышечных волокон, толщины пучков мышечных волокон, количеству гемокапилляров.

Отличия выявлены в представительстве соединительнотканного компонента, причем в группах «Контроль», «Пребиотик» и «Пробиотик» соотношение мышечных пучков и соединительнотканного компонента мышцы имеют близкие значения, а в группе «Сорбент» выявлено наибольшее по сравнению со всеми остальными группами представительство соединительнотканного компонента.

По толщине эндомизия образцы группы «Сорбент» превосходили остальные группы вдвое. Перимизий в образцах этой группы нередко формировал толстые прослойки, превосходящие по толщине перимизий в других группах, в которых содержалась белая жировая ткань. В этой связи соотношение мышечных волокон и со-

единительной ткани в структуре мышцы составляло 81:19, соответственно, что указывало на большее представительство соединительной ткани в структуре мышцы по сравнению с другими группами.

При изучении ультраструктурных характеристик мышечных волокон поверхностной грудной мышцы установлены изменения состояния миофибрилл и митохондриальной сети в экспериментальных группах по сравнению с контрольными образцами (рисунок 7, таблица 4).

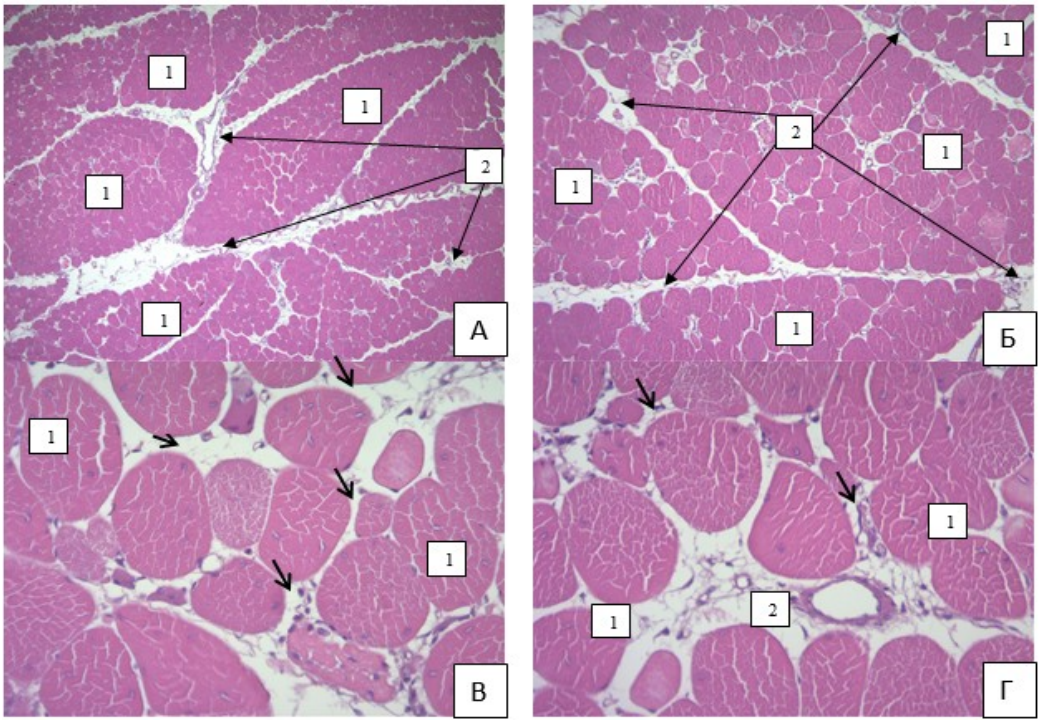


Рисунок 5 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Сорбент». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна и пучки 1 и 2 порядков (1) в структуре волокна расположены более рыхло, чем в остальных группах; эндомизий и перимизий (2) хорошо развиты, перимизий формирует как более тонкие, так и более мощные прослойки. Гематоксилин и эозин, х40. Б – среди мышечных волокон (1) в эндомизии и тонких прослойках перимизия наблюдается клеточный инфильтрат. 2 – перимизий. Гематоксилин и эозин, х100. В, Г – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, окружены хорошо выраженным эндомизием (стрелки). 2 – перимизий. Гематоксилин и эозин, х400.

В группе «Пребиотик» отмечено статистически достоверное снижение площади митохондрий при небольшом уменьшении количества митохондрий в поле зрения и средней площади митохондрии, что может указывать на снижение интенсивности метаболизма по сравнению с контрольными образцами. При этом плотность миофибрилл немного возрастала, а их средняя толщина не изменялась. Это совпадает со светооптической картиной, которая свидетельствует о преобладании в пучке мышечных волокон большого диаметра (может указывать на завершение ростовых процессов) и признаках формирования белой жировой ткани в соединительнотканном компоненте мышцы.

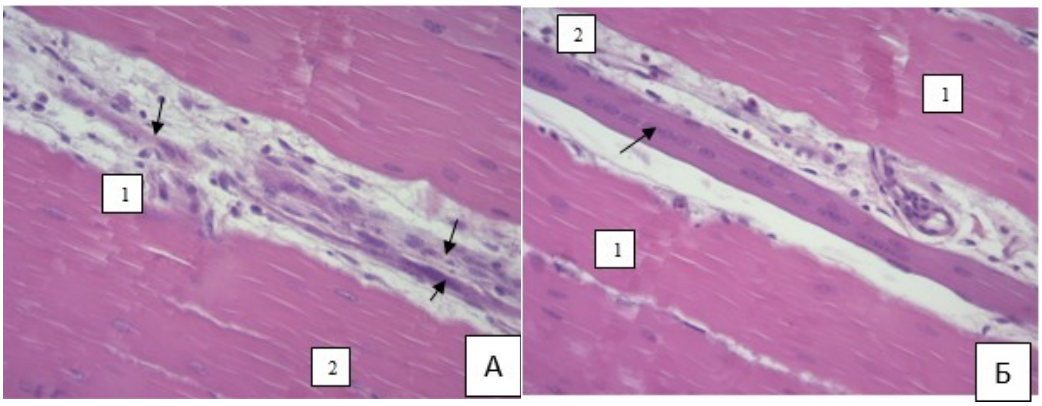


Рисунок 6 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Сорбент». Продольный срез. А – эпизод начала формирования мышечного волокна (стрелка) в перимизии, этап миотубул. Гематоксилин и эозин, х400. Б – в перимизии (2) наблюдается формирование нового мышечного волокна (стрелка). 1 – сформированные мышечные волокна. Гематоксилин и эозин, х400.

Таблица 3 – Характеристика поверхностной грудной мышцы 35-ти суточных цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 по морфометрическим критериям, Me (Q_1÷Q_3)

Показатель	Группа			
	Контроль	Пребиотик	Пробиотик	Сорбент
Толщина мышечных волокон, мкм				
большие	55,5 (47,6÷63,5)	49,6 (41,7÷52,4)	48,5 (35,2÷54,4)	51,4 (39,6÷65,5)
средние	32,1 (28,5÷39,3)	29,5 (25,8÷36,3)	27,3 (20,5÷30,6)	28,2 (22,3÷33,3)
малые	22,6 (19,2÷29,5)	22,0 (20,3÷30,3)	14,7 (12,5÷20,6)	14,5 (12,2÷17,4)
Толщина пучков мышечных волокон 1 порядка, мкм	90,3 (76,8÷99,5)	121 (108÷135)	71,2 (62,3÷93,3)	105 (86÷112)
Толщина пучков мышечных волокон 2 порядка, мкм	246 (192÷333)	380 (229÷471)	220 (165÷270)	251 (181÷294)
Толщина эндомизия, мкм	4,8 (3,5÷8,2)	4,8 (3,9÷6,1)	5,5 (3,5÷6,7)	8,1 (5,7÷11,1)*
Толщина перимизия, мкм	20,7 (16,4÷23,5) 56,8 (45,1÷77,5)	31,3 (18,7÷45,3) 129 (91,5÷145,3)	70,5 (46,6÷85,4)	67 (46,5÷75,1) 151 (91,2÷185,3)
Кол-во гемокапилляров в поле зрения при х400	11 (11÷13)	10 (9÷12)	11 (10÷13)	10 (9÷13)
Соотношение Мышечная ткань: Соединительная ткань на площади среза, %	87:13	85:15	85:15	81:19

****** Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы ($p \leq 0,05$)*

Таблица 4 – Морфометрическая характеристика митохондрий и микрофибрилл в мышечных волокнах поверхностной грудной мышцы 35-суточных цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 при различных рационах кормления

Группа	Площадь митохондрий в поле зрения, мкм^2	Кол-во митохондрий в поле зрения, шт	Средняя площадь митохондрии, мкм^2	Плотность миофибрилл на 100 мкм^2, шт	Средняя толщина миофибрилл, мкм
«Контроль»	1,148±0,295	4,50±1,41	0,255±0,103	9,75±1,75	0,918±0,104
«Пребиотик»	1,602±1,084	7,00±2,83*	0,229±0,122	12,75±1,75 *	0,787±0,037 **
«Пробиотик»	0,586±0,176	3,00±0,00	0,195±0,098	11,00±1,20	0,826±0,086
«Сорбент»	1,716±0,634	4,75±2,32	0,361±0,162 *	12,67±1,80 *	0,832±0,087

*Примечание: здесь и далее – *(P≤0,05); **(P≤0,005); ***(P≤0,0005) – в сравнении с показателями животных контрольной группы каждого кросса.*

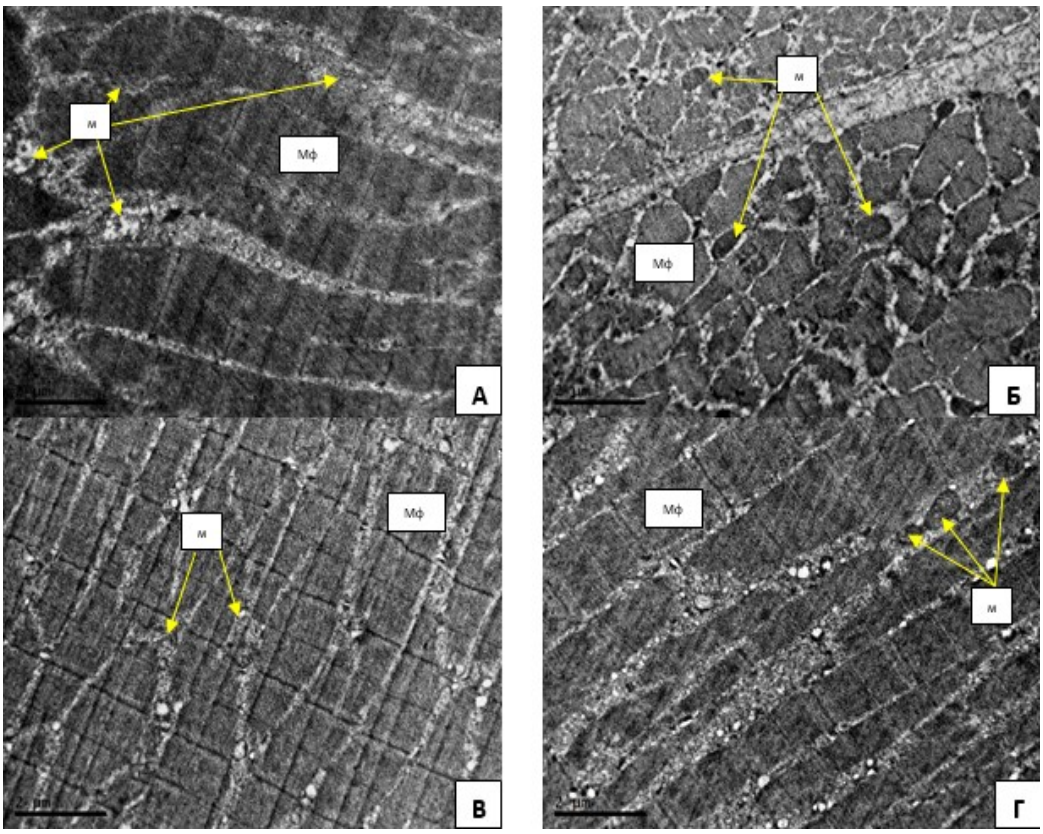


Рисунок 7 – Ультраструктура поверхностной грудной мышцы цыплят-бройлеров кур кросса Кобб-500 (35 суток): А – группа «Контроль»; Б – группа «Пробиотик»; В – группа «Пребиотик»; Г – группа «Сорбент». Мф – миофибриллы, м – митохондрии. ТЭМ, ×14000.

В группе «Пробиотик» наблюдали более, по сравнению с группой «Контроль», развитие митохондриального аппарата: возрастали количество и площадь митохондрий, на этом фоне повышалась плотность расположения миофибрилл при небольшом уменьшении их толщины. Это указывает на интенсификацию метаболизма в мышечных волокнах по сравнению с контрольными образцами и соответствует преобладанию мышечных волокон большого диаметра, завершающих свой рост.

В группе «Сорбент» по сравнению с контрольными образцами отмечено увеличение средней площади митохондрии и количества митохондрий без изменения количества митохондрий. Плотность расположения миофибрилл возрастала. Выявленные признаки соответствуют усилению метаболизма в мышечных волокнах, которое совпадает с выявленными на светооптическом уровне признаками продолжающегося роста и даже новообразования мышечных волокон.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании проведенных исследований получены данные о влиянии кормовых добавок (пребиотик, пробиотик, сорбент) на показатели живой массы и показатели массы грудной мышцы бройлеров кросса Кобб-500. Выявлены изменение структуры поверхностной грудной мышцы данного кросса. Так, показано, что в зависимости от особенностей рациона кормления в поверхностной грудной мышце варьирует главным образом представительство соединительнотканного компонента, а также плотность упаковки миофибрилл и развитие митохондриальной сети.

У представителей кросса Кобб-500 в группах «Контроль», «Пребиотик» и «Пробиотик» отмечены сходные морфологические и морфометрические показатели поверхностной грудной мышцы. Для всех трех групп характерна плотная упаковка мышечных волокон первого порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия. При этом перимизий хорошо развит, что определяет достаточно рыхлое расположение пучков второго порядка. Примечательно, что в структуре мышечных пучков было весьма невысокое представительство белых мышечных волокон. Красные волокна во всех группах подразделялись на большие, средние и малые, причем в группах «Пребиотик» и «Пробиотик» по сравнению с контрольными образцами возрастало представительство мышечных волокон большого диаметра, что может указывать на синхронизацию роста разных мышечных волокон на фоне применения соответствующих кормовых добавок. В группе «Пребиотик» при этом наблюдалась активация формирования белой жировой ткани. Возможно, это связано со снижением уровня метаболизма в мышечных волокнах из-за достижения ими показателей роста, после чего процесс развития мышцы направился по пути развития белой жировой ткани и накопления липидов в соединительнотканном компоненте мышцы. Важно отметить, что в структуре мышцы наблюдались единичные волокна с признаками деструкции. В группе «Пробиотик», напротив, отмечено увеличение площади митохондриальной сети, что соответствует активизации метаболизма и может отражать тенденцию к дальнейшему формированию именно мышечных волокон в структуре изучаемой мышцы.

В группе «Сорбент» определяли выраженное уменьшение плотности расположения мышечных волокон и их пучков в структуре мышцы, что связано с максимальным, по сравнении с другими группами, развитием соединительнотканного компонента мышцы. Светооптические исследования позволили выявить признаки замедленной реализации ростовых процессов в мышце, а именно многочисленность волокон небольшого диаметра, признаки формирования новых мышечных волокон в перимизии, так что повышенное содержание соединительной ткани в изучаемой мышце может быть связано не с ее бурным развитием, а с замедленным стартом процесса роста мышечных волокон. Усиление митохондриаль-

ной активности и увеличение плотности упаковки миофибрилл по сравнению с контролем в этот срок могут соответствовать активизации ростовых процессов, которая произошла после задержанного старта этого процесса. Выявленные морфологические признаки могут негативно отразиться на питательной ценности мяса.

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что применяемые кормовые добавки неодинаково влияют на общий и местный метаболизм цыплят-бройлеров кросса Кобб, что находит отражение, в частности, в изменении морфологических и морфометрических показателей поверхностной грудной мышцы. Полученные данные целесообразно учитывать при составлении рационов в промышленном птицеводстве, а также при оценке качества мяса птицы в ходе товароведческой и ветеринарно-санитарной экспертизы.

MICROMORPHOLOGICAL FEATURES OF SUPERFICIAL PECTORAL MUSCLE OF BROILER CHICKENS OF THE COBB-500 CROSS UNDER DIFFERENT FEEDING DIETS FEED RATIONS

Stepanishin V.V.[1]* – cand. Biol. sciences, assoc., assoc. Dep. anatomy and Histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Pozyabin S.V.**[1] – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Surgery; **Borkhunova** E.N.[1] – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov.

[1] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Scriabin.

*stepanishin.victor@yandex.ru

ABSTRACT

On the basis of complex morphological studies, a comparative characterization of light-optical, ultrastructural and morphometric parameters of superficial pectoral muscle in 35-day-old broiler chickens of meat cross Cobb-500 kept on different diets: basic and with the addition of feed additives (prebiotic, probiotic, sorbent) of domestic production is presented. It is shown that depending on the features of feeding ration in the superficial pectoral muscle varies the degree of development of muscle fibers and connective tissue component of the muscle, as well as the density of myofibrils packing and the development of mitochondrial network. Representatives of the cross Cobb-500 in the groups "Control", "Prebiotic" and "Probiotic" have similar morphological and morphometric parameters of the superficial pectoral muscle. All three groups are characterized by dense packing of muscle fibers of the first order, which is associated with a small thickness of the endomysium. At the same time, the perimysium is well developed, which determines a rather loose arrangement of the second-order bundles. In the "Prebiotic" and "Probiotic" groups, compared to the control samples, the representation of large-diameter muscle fibers increased, which may indicate the synchronization of growth of different muscle fibers against the background of application of appropriate feed additives. In the "Sorbent" group, a pronounced decrease in the density of muscle fibers and their bundles in the muscle structure with a significant representation of connective tissue and a low content of white adipose tissue was determined. In this group, the signs that may indicate a delayed realization of growth processes in the muscle were revealed. The obtained data are expedient to be taken into account when formulating diets in industrial poultry farming. They can also be used as morphological criteria in assessing the quality of poultry meat during commodity and veterinary-sanitary examination.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Азарян, Е. М. Стратегические ориентиры импортозамещения на рынке мяса птицы / Е. М. Азарян, А. В. Иванченко // Финансовые рынки и банки. – 2024. – № 2. – С. 266-268.

2.Борхунова Е. Н. Особенности микроорганизации поверхностной грудной мыш-

цы у кур мясного и яичного направлений продуктивности / Е. Н. Борхунова, Г. В. Кондратов, В. В. Степанишин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2020. – № 12. – С. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.

3.Векторы социально-экономического развития России: современные вызовы и возможности: монография / С.Н. Басуева, Н.П. Дебердиева, А.В. Минаков [и др.]. - Чебоксары: ИД "Среда", 2024. - 180 с.

4.Влияние пробиотика «Бацелл-М®» на уровень экспрессии генов у бройлеров кросса «Кобб 500» на фоне вакцинации против инфекционного бронхита / И. О. Крутов, А. В. Голубцов, Н. А. Стрельников [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2024. – № 3. – С. 17-21. – DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-3-17-21.

5.Воронцова, Е. В. Птицеводство России: состояние и проблемы отрасли в современных экономических условиях / Е. В. Воронцова, А. В. Буяров // Теория и практика инновационных технологий в АПК : Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 15 –19 апреля 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2024. – С. 55-61.

6.Газзаева, М. С. Экспертиза качества готовой продукции из мяса птицы / М. С. Газзаева // Цифровизация сельского хозяйства: актуальные проблемы внедрения современных технологий в АПК горных и предгорных территорий РСО-Алания : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Владикавказ, 15 марта 2024 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2024. – С. 173-176.

7.Матасов, А. А. Выращивание цыплят-бройлеров с использованием полнорационных комбикормов различных производителей / А. А. Матасов, К. К. Есмагамбетов // Современные задачи и перспективные направления инновационного развития аграрной науки : Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук, Курган, 25 апреля 2024 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2024. – С. 43-46.

8.Маринченко, Т. Е. Конкурентоспособность отечественного кросса "Смена 9" / Т. Е. Маринченко // Актуальные вопросы и инновации в животноводстве : Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора С.Г. Леушина, 300-летию Российской академии наук и 90-летию создания Оренбургского научно -исследовательского института молочно-мясного скотоводства в системе Наркомата зерновых и животноводческих совхозов СССР, Оренбург, 22–23 мая 2024 года. – Оренбург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", 2024. – С. 81-85.

9.Мясное птицеводство: текущие реалии рынка и его перспективы / Е. В. Щеглов, С. В. Никитенко, А. Ю. Журавлев [и др.] // Интернаука. – 2024. – № 23-2(340). – С. 17-20.

10.Назар, М. М. Проблемы и перспективы развития птицеводства в России / М. М. Назар // Russian Journal of Management. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 186-193. – DOI 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193.

11.Промышленное птицеводство 2024 - инновации, устойчивость, эффективность // Эффективное животноводство. – 2024. – № 5(195). – С. 21.

12.Отечественный рынок мяса птицы и пищевых яиц, в контексте обеспечения продовольственной безопасности / Б. О. Хашир, В. Е. Левичев, Н. М. Сурай [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 3. – С. 250-254.

13.Сизова, Е. А. Формирование антибиотикорезистентности в условиях интенсивного птицеводства / Е. А. Сизова, К. С. Нечитайло // Птицеводство. – 2024. – № 5. – С. 57-62. – DOI 10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62.

14.Солдатова Л.И., Фадеева Г.В. Оценка состояния отрасли птицеводства и применение методов экономико-

математического моделирования в снижении себестоимости продукции / Л.И. Солдатова, Г.В. Фадеева // Экономика и предпринимательство. - №12. - 2021. - С. 1276-1280.
15.Технологические аспекты повышения эффективности бройлерного птицеводства / В. С. Буяров, И. В. Комоликова, А. В. Буяров, В. В. Меднова // Биология в сельском хозяйстве. – 2024. – № 2(43). – С. 37-41.
16.Федеральная служба государственной статистики (Росстат). (2024). Доступно на: http://www.gks.ru.
17.Фисинин, В.И. Наращиваем производство мяса и яйца / В. И. Фисинин // Животноводство России. – 2022. – № S3. – С. 2-4.
18.Хохлова, А. П. Современное птицеводство в России: состояние, проблемы и развитие / А. П. Хохлова, Н. А. Маслова // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10–11 июня 2024 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 137-138.
19.Швагер, О. В. Влияние пробиотика «СУБ-про» на товарные и санитарные показатели мяса цыплят-бройлеров / О. В. Швагер // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник VII национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2024 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 605-607. – EDN ALSQZF.
20.Akhmet, Zh. T. Comparative analysis of antibiotics in broiler meat using different methods / Zh. T. Akhmet, G. N. Zhaksylykova, A. D. Serikbayeva // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – No. 1. – P. 5-11. – DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-5-11.
21.Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology / Dey, P. // Springer, Singapore. – 2022. – pp 303–313. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28
22.Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.
23.Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padycyla // Ibid. – 1966. – Vol. 28. – N. 2. – P. 333-354.
24.Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.

REFERENCES

1.Azaryan, E. M. Strategic benchmarks of import substitution in the poultry meat market / E. M. Azaryan, A. V. Ivanchenko // Financial markets and banks. - 2024. - No 2. - pp. 266-268.
2.Borkhunova E. N. Features of microorganisms of the superficial pectoral muscle in chickens of meat and egg directions of productivity / E. N. Borkhunova, G. V. Kondratov, V. V. Stepanishin // Veterinariya, Zootekhniya i Biotekhnologiya, 2020, No. 12. – pp. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.
3.Vectors of socio-economic development of Russia: modern challenges and opportunities: a monograph / S.N. Basueva, N.P. Deberdieva, A.V. Minakov [et al.]. - Cheboksary: ID “Sreda”, 2024. - 180 p.
4.Effect of probiotic “Bacell-M®” on the level of gene expression in broilers cross “Cobb 500” on the background of vaccination against infectious bronchitis / I. O. Krutov, A. V. Golubtsov, N. A. Strelnikov [et al.] // Poultry and poultry products, 2024. - No. 3. - pp. 17-21. - DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-3-17-21.
5.Vorontsova, E. V. Poultry farming in Russia: the state and problems of the industry in modern economic conditions / E. V. Vorontsova, A. V. Buyarov // Theory and practice of innovative technologies in agroindustrial complex : Proceedings of the national scientific-practical conference, Voronezh, April

15-19, 2024. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great. Emperor Peter I, 2024. - pp. 55-61.
6.Gazzaeva, M. S. Expertise of the quality of finished poultry meat products / M. S. Gazzaeva // Digitalization of agriculture: actual problems of the introduction of modern technologies in the agro-industrial complex of mountainous and foothill areas of RSO-Alania : Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, Vladikavkaz, March 15, 2024. - Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2024. - pp. 173-176.
7.Matasov, A. A. Growing broiler chickens with the use of complete mixed fodders of different manufacturers / A. A. Matasov, K. K. Esmagambetov // Modern tasks and promising directions of innovative development of agrarian science : Collection of articles on the materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, Kurgan, April 25, 2024. - Kurgan: Kurgan State University, 2024. - pp. 43-46.
8.Marinchenko, T. E. Competitiveness of domestic cross “Change 9” / T. E. Marinchenko // Actual issues and innovations in animal breeding : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor S. G. Leushin, the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and the 90th anniversary of the establishment of the Orenburg Research Institute of dairy and beef cattle breeding in the system of the People's Commissariat of grain and livestock state farms of the USSR, Orenburg, May 22-23, 2024. - Orenburg: Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences”, 2024. - pp. 81-85.
9.Meat poultry farming: current market realities and its prospects / E. V. Scheglov, S. V. Nikitenko, A. Yu. Zhuravlev [et al.] // Internauka. - № 23-2(340). - pp. 17-20.
10.Nazar, M. M. Problems and prospects for the development of poultry farming in Russia / M. M. Nazar // Russian Journal of Management. - 2024. - T. 12, № 1. - pp. 186-193. - DOI 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193.
11.Industrial poultry farming 2024 - innovation, sustainability, efficiency // Effective livestock farming.- 2024. - № 5(195). - C. 21.
12.Domestic market of poultry meat and edible eggs, in the context of ensuring food security / B. O. Hashir, V. E. Levichev, N. M. Surai [et al.] // Innovations and Investments. - 2024. - № 3. - pp 250-254.
13.Sizova, E. A. Formation of antibiotic resistance in conditions of intensive poultry farming / E. A. Sizova, K. S. Nechitaylo // Poultry farming. - 2024. - № 5. - pp 57-62. - DOI 10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62.
14.Soldatova, L.I.; Fadeeva, G.V. Evaluation of the state of the poultry industry and the use of economic and mathematical modeling methods in reducing the cost of production / L.I. Soldatova, G.V. Fadeeva // Economics and Entrepreneurship. - №12. - 2021.- pp. 1276-1280.
15.Technological aspects of increasing the efficiency of broiler poultry farming / V. S. Buyarov, I. V. Komolikova, A. V. Buyarov, V. V. Mednova // Biology in Agriculture. - 2024. - № 2(43). - pp 37-41.
16.Federal State Statistics Service (Rosstat). (2024). Available at: http://www.gks.ru.
17.Fisinin, V.I. We are increasing the production of meat and eggs / V. I. Fisinin // Animal Husbandry of Russia. – 2022. – No. S3. – pp. 2-4.
18.Khokhlova, A. P. Modern poultry farming in Russia: state, problems and development / A. P. Khokhlova, N. A. Maslova // Challenges and innovative solutions in agrarian science : Proceedings of the XXVIII International Scientific and Production Conference, Maisky, June 10-11, 2024. - Mayskiy: FGBOU VO Belgorod GAU, 2024. - pp. 137-138.
19.Shvager, O. V. Influence of probiotic “SUB-pro” on marketable and sanitary indicators of broiler chicken meat / O. V. Shvager // Theory and practice of modern agrarian science : Collection of VII national (all-Russian) scientific conference with international participation, Novosibirsk, February

26, 2024. - Novosibirsk: IC NSAU “Golden Spike”, 2024. - pp. 605-607.
20. Akhmet, Zh. T. Comparative analysis of antibiotics in broiler meat using different methods / Zh. T. Akhmet, G. N. Zhaksylykova, A. D. Serikbayeva // Bulletin of Almaty Technological University, 2024. – No. 1. – P. 5-11. – DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-5-11.
21. Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology / Dey, P. // Springer, Singapore. – 2022. – pp 303–313. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28
22. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.
23. Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padycyla // Ibid. – 1966. – Vol. 28. – N. 2. – P. 333-354.
24. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.

УДК: 636.2.086.783
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.311

ВЛИЯНИЕ ФУКУСОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОЛОКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ

Мудрук С.С.* – асп. каф. биохимии и физиологии; **Карпенко Л.Ю.** – д-р. биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-2781-5993)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

*sem.maktagert@gmail.com

Ключевые слова: *молочные коровы, кормовая добавка, продуктивность, фукусовые водоросли, фукоидан, кормление, молоко, удой.*

Key words: *dairy cows, feed additive, productivity, fucus algae, fucoidan, feeding, milk, milk yield.*

Поступила: 21.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных без вреда для их здоровья является одной из ключевых задач современного животноводства. Одним из решений является использование кормовых добавок, которые способны восполнять дефицит питательных веществ и содержат биологически активные компоненты, которые могут положительно влиять на продуктивный статус животных и качество итогового продукта. Особый интерес в этой области представляют фукусовые водоросли, богатые йодом, микроэлементами (селен, цинк, железо), витаминами (A, D, E, группы B), специфическими полисахаридами (фукоиданы, альгинаты) и омега-3 жирными кислотами. Альгинаты, к примеру, улучшают работу ЖКТ, а фукоиданы обладают противовоспалительным и антиоксидантным действием. Использование добавок на основе фукусовых водорослей является перспективным направлением, особенно для регионов с доступным сырьём, таких как Ленинградская область. Цель исследования – изучить влияние добавки из фукусовых водорослей на продуктивность коров и качество молока. В ходе исследования нами было выявлено, что при применении кормовой добавки, в составе которой содержатся фукусовые водоросли, отмечается достоверное повышение надоя в опытной группе (на 11%), а эффективность в отношении качества молока определялась через достоверное увеличение процента жира молока в опытной группе (на 10,8%). Также отмечалось достоверное снижение уровня мочевины молока в опытной группе (на 3,4% и 7%). Результаты могут быть использованы в разработке безопасных и эффективных кормовых решений для повышения продуктивности в животноводстве, что особенно важно в актуальное время, так как наблюдается устойчивая тенденция к увеличению численности высокопродуктивных животных, чьи потребности зачастую не могут быть полностью удовлетворены стандартными рационами.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Одной из основных целей животноводства является увеличение продуктивности сельскохозяйственных животных, что особенно отмечается в актуальное время. Увеличение параметров продуктивности достигается за счет различных средств и зачастую может сказываться на состоянии высокопродуктивных животных и приводит к различным изменениям в итоговом продукте. Исходя из этого, актуальной проблемой всегда являлось поиск способов увеличения продуктивности и качества итоговой продукции без вреда для животных. Одним из возможных решений является введение в рационы сельскохозяйственных животных различных кормовых добавок, которые, помимо коррекции возможных недочетов ежедневных рационов и дефицитов различных микро- и макроэлементов, способны увеличивать продуктивность за счёт наличия в своем составе большого количества биологически активных веществ, что также отмечается в работах Карпенко Л.Ю., Бабич О.О., Бахта А.А., Кузьминой И.Ю. и др. [1,2]. Особый интерес в контексте данной проблемы представляют фукусовые водоросли. Кормовые добавки на основе природных компонентов являются более предпочтительными среди множества других, так как природное происхождение помогает свести к минимуму возможные нежелательные реакции организма и, как правило, обладают большим спектром действия за счет разнообразных биологически активных веществ в своем составе.

Фукусовые водоросли характеризуются рядом особенностей, что позволяет выделять их среди всех остальных субстратов для производства кормовых добавок. Помимо высокого содержания йода и клетчатки, что характерно для большинства представителей водорослей, в них содержится большое количество микроэлементов (селен, цинк, железо, магний и т.д.), витаминов (A, D, E, B и т.д.) [2,3]. Отличительной чертой фукусовых водорослей является содержание в своем составе полисахаридов (фукоиданы и альгинаты) и омега-3 жирных кислот. Альгинаты и фукоиданы являются биологически активными полисахаридами, которые обладают рядом положительных свойств. Альгинаты способны образовывать гели, связываясь с водой, что впоследствии может оказывать положительный эффект на функционировании желудочно-кишечного тракта. Фукоиданы обладают выраженным противовоспалительным и антиоксидантным эффектом, что также важно в условиях высокопродуктивного животноводства [4]. Помимо этого, альгинаты и фукоиданы способны вступать в синергетическое взаимоотношение, что усиливает положительные аспекты их влияния на организм.

Использование кормовых добавок на основе фукусовых водорослей является актуальным и перспективным направлением исследований, особенно учитывая географический фактор (близкое расположение естественных зон роста сырья к Санкт-Петербургу и Ленинградской области) и тенденцию к росту продуктивности сельскохозяйственных животных. Вопросами изучения добавок на основе растительного сырья активно изучаются в настоящее время. Вопрос применения и свойств водорослей поднимается в работах Бабича О.О., Сухих С.А. и др. [1,5]. Особым свойствам бурых водорослей Белого моря также посвящены труды Карпенко Л.Ю., Бахта А.А. и др. [1]. В связи с этим, целью данного исследования было изучить влияние конкретной кормовой добавки на основе фукусовых водорослей на продуктивность коров и в частности – на параметры итогового продукта (молока).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для проведения данного исследования было отобрано 24 головы из стада, клинически здоровых, подобранные по методу пар-аналогов. 12 коров составляли опытную группу, 12 - контрольную. Рацион коров из контрольной группы не менялся, а опытной группе в ежедневный рацион была добавлена исследуемая кормовая добавка, в дозировке 35 грамм на голову в

сутки, в течении 3 месяцев. Отбор проб молока и учет надоя был произведен четырехкратно: за неделю до начала опыта, спустя месяц после начала применения подкормки, спустя три месяца после начала применения подкормки и через месяц после прекращения применения исследуемой добавки. Исследование проб молока проводилось на кафедре биохимии и физиологии ФГБОУ ВО СПбГУВМ при помощи анализатора качества молока "Лактан 1-4 М" (РФ). При помощи данного прибора исследовались такие параметры молока, как белок и жир. Уровень соматических клеток определялся оптофлуороэлектрическим (биолюминесцентным) методом. Статистическая обработка полученных данных включала вычисление среднего арифметического, определение стандартного отклонения, расчет достоверности по Стьюденту с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1. При анализе полученных данных было выявлено достоверное повышение уровня таких показателей как: надой и жир молока и определялось достоверное снижение уровня мочевины молока.

Надой, измеряемый в литрах молока в сутки, в опытной группе достоверно ($p < 0,05$) увеличился к третьему этапу на 11% и к четвертому этапу отмечалось снижение уровня данного показателя как в опытной, так и в контрольной группе, что может объясняться особенностями определенного этапа жизненного цикла молочных коров. Уровень жира в молока также достоверно ($p < 0,05$) увеличился к третьему этапу на 10,8%, в сравнении с контрольной группой, где уровень жира имел незначительные колебания. Показатель мочевины в опытной группе показал достоверное ($p < 0,05$) снижение на втором (3,4%) и третьем (7%) этапах, чего не отмечалось в контрольной группе. Показатели соматических клеток, абсолютного белка и лактозы достоверно не менялись на протяжении опыта.

Таблица 1 – Показатели продуктивности и параметры молока при применении кормовой добавки из фукусовых водорослей (M±m, n=24)

	Опытная группа n=12				**Контрольная группа** n=12			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Надой, л/день	38,1± 1,12	39,8± 2,13	42,3± 1,88*	35,5± 1,87	39,3± 0,91	37,9± 1,87	37,8± 1,56	34,1± 1,34
Соматические клетки, тыс. кл/мл	103,6± 5,61	137,8± 10,13	128,2± 6,21	241,2± 12,01	87,9± 4,51	91,3± 10,67	87,1± 12,29	90,2± 5,76
Жир, %	3,7± 0,2	3,9± 0,1	4,1± 0,15*	3,7± 0,2	3,8± 0,15	3,9± 0,22	3,7± 0,1	3,9± 0,1
Белок (абсолютный), %	3,5± 0,12	3,4± 0,21	3,3± 0,16	3,4± 0,11	3,5± 0,1	3,6± 0,1	3,5± 0,21	3,6± 0,12
Мочевина, мг/дл	38,6± 1,7	37,3± 1,1	35,9± 1,1*5	40,7± 1,8*	41,3± 1,2	40,6± 0,8	39,5± 1,25	40,9± 1,54
Лактоза, %	5,2± 0,2	5,2± 0,1	5,2± 0,15	5,1± 0,1	5,2± 0,1	5,2± 0,12	5,2± 0,2	5,1± 0,15

**- p≤0,05 относительно группы контроля.*

По нашему мнению, наблюдаемые изменения обусловлены высокой питательной и минеральной ценностью фукусовых водорослей, что согласуется с данными в исследованиях Облучинской Е.А. [6], а также их положительным воздействием на микробиоту желудочно-кишечного тракта коров [3]. Особое внимание следует уделить сульфатированным полисахаридам, которые проявляют высокую биологическую активность и способны оказывать значительное влияние на физиологические процессы в организме животных, что также отмечается в работах Карпенко Л.Ю., Бахта А.А., и др. [5,7,8]. Кроме того, фукусовые водоросли содержат комплекс водорастворимых витаминов и ряд незаменимых аминокислот, что также может способствовать модуляции метаболических процессов и улучшению общего состояния животных.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Кормовые добавки играют значительную роль в сельскохозяйственном производстве, представляя собой экономически эффективное решение для оптимизации питания и улучшения здоровья продуктивных животных, что подтверждается полученными нами данными относительно положительного влияния исследуемой кормовой добавки из фукусовых водорослей на надой коров, жирность и уровень мочевины молока. Это особенно актуально в современных условиях, где наблюдается устойчивая тенденция к увеличению численности высокопродуктивных животных, чьи потребности зачастую не могут быть полностью удовлетворены стандартными рационами [9,10]. Применение кормовых добавок на основе природных компонентов обладает дополнительными преимуществами, включая безопасность для здоровья животных [5] и широкий спектр положительных эффектов, обусловленных высоким содержанием биологически активных веществ [7].

THE EFFECT OF FUCUS ALGAE ON MILK QUALITY AND COW PRODUCTIVITY

Mudruk S.S.* – graduate student of the Department of Biochemistry and Physiology; **Karpenko L.Yu. –** Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department Biochemistry and physiology (ORCID 0000-0002-2781-5993)

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*sem.maktagert@gmail.com

ABSTRACT

Increasing the productivity of farm animals without harming their health is one of the most important tasks of modern animal husbandry. One of the solutions is the use of feed additives that can compensate for the deficiency of nutrients and biologically active components that can positively affect the productivity of animals and the quality of the final product. Of particular interest in this area are fucus waters rich in iodine, microelements (selenium, zinc, iron), vitamins (A, D, E, group B), characteristic polysaccharides (fucoidans, alginates) and omega-3 fatty acids. Alginates, for example, improve the functioning of the gastrointestinal tract, and fucoids have anti-inflammatory and antioxidant effects. The use of powder based on fucus liquid is a promising direction, especially for regions with accessible raw materials, such as the Leningrad Region. The purpose of the study is to study the effect of fucus water additives on the productivity of cows and the quality of milk. During the study, we found that when using a feed additive containing fucus water, there was a sharp increase in the norm in the experimental group (by 11%), and the effectiveness in terms of milk quality was observed through a significant increase in the percentage of fat in the experimental group (by 10.8%). There was also a reliable decrease in the level of urea milk in the experimental group (by 3.4% and 7%). The results can be used in safe and applicable feed solutions to improve productivity in animal husbandry, which is especially important at present, since there is a steady trend towards increasing the level of highly productive animals, such methods often cannot be fully satisfied with standard diets.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карпенко Л.Ю., Бахта А.А., Бабич О.О., Сухих С.А., Никонов И.Н. Бурые водоросли белого моря - перспективный источник биологически активных веществ для сельскохозяйственной птицы// Птица и птицепродукты, 2024 г. – №1. - 14-16 с.
2. Кузьмина И.Ю. Использование ламинарии и лишайников в рационе помесного молодняка крупного рогатого скота // Вестник ДВО РАН. 2022. №2 (222).
3. Van Vliet S., Provenza F.D., Kronberg S.L. Health-promoting phytonutrients are higher in grass-fed meat and milk. Front. Sustain. Food Syst. 2021;4:555426. doi: 10.3389/fsufs.2020.555426
4. Zhu H., Fievez V., Mao S., He W., Zhu W. Dose and time response of ruminally infused algae on rumen fermentation characteristics, biohydrogenation and Butyrivibrio group bacteria in goats. J. Anim. Sci. Biotechnol. 2016;7:22. doi: 10.1186/s40104-016-0080-1
5. Бабич О.О., Сухих С.А, Ларина В., Калашникова О., Каширских Е., Просеков А., Носкова С., Иванова С., Фендри И., Смауи С. и др. Водоросли: Изучение съедобных и биологически активных фракций, их свойств и применения. Растения. 2022 год; 11 :780. doi: 10.3390/ plants11060780.
6. Облучинская Е.А. Антиоксидантные комплексные экстракты из фукусовых водорослей Баренцева моря // Вестник МГТУ. 2018. №3.
7. Клиндух М.П., Облучинская Е.А. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей Fucus vesiculosus и Ascophyllum nodosum // Вестник МГТУ. 2013. №3
8. Кожевников Ю.А., Мамедова Р.А. Применение микроводоросли chlorella vulgaris на животноводческом комплексе // Агроинженерия. 2021. №5 (105).
9. Карпенко, Л. Ю. Динамика белкового и азотистого обменов голштинизированных черно-пестрых пород коров в зависимости от месяца стельности / Л. Ю. Карпенко, А. А. Погодаева, А. А. Бахта // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 2. – С. 112-114. – DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.2.112.
10. Карпенко, Л. Ю. Сезонная динамика содержания микроэлементов в сыворотке крови высокопродуктивных коров черно-пестрой породы / Л. Ю. Карпенко, А. И. Енукашвили, А. А. Бахта // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2014. – № 3(49). – С. 197-198.

REFERENCES

1. Karpenko L.Yu., Bakhta A.A., Babich O.O., Sukhikh S.A., Nikonov I.N. Brown algae of the White Sea - a promising source of biologically active substances for agricultural poultry // Bird and poultry products, 2024. - No. 1. - 14-16 p.
2. Kuzmina I.Yu. Use of kelp and lichens in the diet of crossbreed young cattle // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. 2022. No. 2 (222).
3. Van Vliet S., Provenza F.D., Kronberg S.L. Health-promoting phytonutrients are higher in grass-fed meat and milk. Front. Sustain. Food Syst. 2021;4:555426. doi: 10.3389/fsufs.2020.555426
4. Zhu H., Fievez V., Mao S., He W., Zhu W. Dose and time response of ruminally infused algae on rumen fermentation characteristics, biohydrogenation and Butyrivibrio group bacteria in goats. J. Anim. Sci. Biotechnol. 2016;7:22. doi: 10.1186/s40104-016-0080-1
5. Babich O. O., Sukhikh S. A., Larina V., Kalashnikova O., Kashirskikh E., Prosekov A., Noskova S., Ivanova S., Fendry I., Smaui S. et al. Algae: Study of edible and biologically active fractions, their properties and applications. Plants. 2022; 11 :780. doi: 10.3390/plants11060780.
6. Obluchinskaya E.A. Antioxidant complex extracts from fucus algae of the Barents Sea // Bulletin of Moscow State Technical University. 2018. No. 3.
7. Klindukh M.P., Obluchinskaya E.A. Comparative study of the chemical composition of brown algae Fucus vesiculosus and Ascophyllum nodosum // Bulletin of Moscow State Technical University. 2013. No. 3
8. Kozhevnikov Yu.A., Mamedova R.A. Use

of microalgae chlorella vulgaris in a livestock complex // Agroengineering. 2021. No. 5 (105).

9. Karpenko, L. Yu. Dynamics of protein and nitrogen metabolism in Holsteinized Black-and-White cows depending on the month of pregnancy / L. Yu. Karpenko, A. A. Pogodaeva, A. A. Bakhta // Issues of regulatory framework in veterinary medicine. - 2020. - No. 2. - P. 112-114. - DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.2.112.

10. Karpenko, L. Yu. Seasonal dynamics of trace element content in the blood serum of highly productive Black-and-White cows / L. Yu. Karpenko, A. I. Enukashvili, A. A. Bakhta // Bulletin of the Ural Medical Academic Science. - 2014. - No. 3 (49). – pp. 197-198.

АКУШЕРСТВО, ГИНЕКОЛОГИЯ

УДК: 636.082.12:636.22/.28
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.317

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА КАППА-КАЗЕИНА (*CSN3*) И ЕГО СВЯЗЬ С МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ В ВЫБОРКАХ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ И КРАСНОЙ СТЕПНОЙ ПОРОД

Гаджиев З.К. – д-р биол. наук, гл. науч. сотр., (ORCID 0000-0003-1966-7000); **Евлагина Д.Д.** – канд. биол. наук, науч. сотр. (ORCID 0000-0001-6101-7293); **Ковалева Г.П**. – канд. с.-х. наук, вед. вед. науч. сотр., доц. (ORCID 0000-0002-6655-2225); **Суржикова Е.С.** – канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-3955-0902); **Лапина М.Н.** – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7651-8450).

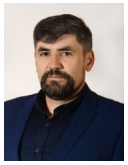
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

*gadzhiev70@yandex.ru

Ключевые слова: *ген, полиморфизм, ПЦР-ПДРФ, порода, молочная продуктивность.*

Keywords: *gene, polymorphism, PCR- RFLP, breed, milk productivity.*

Поступила: 23.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В государственных программах развития животноводства ставится задача не только увеличения молочной продуктивности коров, но и улучшения качественных показателей молока. Развитие молекулярной генетики сельскохозяйственных животных создало условия для поиска ключевых генов, полиморфизм которых вносит существенный вклад в решение задач практической селекции. Среди множества генов, обуславливающих молочную продуктивность и качество молока, можно выделить группу генов, вносящих наибольший вклад в формирование и функционирование данного количественного признака. К ним в первую очередь относится ген каппа-казеина (*CSN3).* Цель работы – установить полиморфизм гена каппа-казеин у коров голштинской и красной степной пород и выявить связь между генотипами с молочной продуктивностью животных. Объектом исследования были коровы двух пород: голштинская (n = 60) и красная степная (n = 53). Генотипирование животных выполнялось методом ПЦР-ПДРФ. Установлено, что наиболее распространённым по гену *CSN3* в группе коров голштинской породы являлся гетерозиготный $CSN3^{AB}$ генотип – 46,7 %, тогда как в группе коров красной степной породы чаще всего встречался гомозиготный $CSN3^{AA}$ генотип – 62,3 %, а частота встречаемости желательного гомозиготного $CSN3^{BB}$ варианта была наименьшей, составив 10,0 и 5,7 % соответственно. Лучшие результаты по удою (8810,0 кг молока) отмечены у коров голштин-

ской породы носителей гомозиготного *CSN3*^{BB} генотипа. В выборке коров красной степной породе преимущество по удою установлено у животных-носителей гомозиготного *CSN3*^{AA} генотипа – 4200,0 кг молока. Следовательно, исследования показывают, что понимание того, каким образом различные генетические варианты генов-маркеров влияют на продуктивность и качество молока, в дальнейшем позволит сформировать долгосрочные стратегии как для отдельного хозяйства, так и для всей отрасли в целом.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Молочное животноводство является одной из ключевых отраслей сельского хозяйства, обеспечивающей население высококачественными продуктами питания. По данным Росстата на 01.01.2024 года поголовье коров крупного рогатого скота в Российской Федерации составило 7 млн 546,8 тыс. голов. Среди высокопродуктивных пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности можно выделить голштинскую и красную степную породы [1].

Важнейшим аспектом, определяющим продуктивность коров, является генетическая предрасположенность, которая в значительной степени обусловлена полиморфизмом генов, отвечающих за синтез молочных белков. Одним из наиболее изученных генов, влияющих на молочную продуктивность, являются ген каппа-казеина (*CSN3*) (NSBI ID 281099) расположенный на 6 хромосоме, состоящий из 5 экзонов общей длиной 850 п.н. и 4 интронов [2, 3]. Исследование полиморфизма гена каппа-казеина у молочных пород коров, является важным шагом к оптимизации селекционных программ молочного скотоводства. Понимание генетической структуры популяций и распределения аллелей в ней, может помочь разработать более эффективные стратегии селекции, направленные на повышение молочной продуктивности и улучшение качества молока [4, 5]. Экспрессия гена каппа-казеина влияет на лактацию, жирность молока, содержание белков, питательные и технологические свойства. Генетический полиморфизм гена *CSN3 привлекает внимание из-за своей ассоциации с составом молока, который, в свою очередь, влияет на технологию обработки молока и его конечные характеристики* [6, 7, 8].

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью глубокого понимания генетических факторов, влияющих на продуктивность коров молочного направления, особенно в условиях современного животноводства, где конкуренция за высококачественные молочные продукты возрастает [9]. Цель работы – установить полиморфизм гена каппа-казеина у коров голштинской и красной степной пород и выявить связь между генотипами с молочной продуктивностью животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Для изучения полиморфизма гена каппа-казеина был применен метод ПЦР-ПДРФ. Методом случайной выборки отобраны животные с различным уровнем молочной продуктивности за 305 дней завершённой лактации: 60 голов коров голштинской породы (СПК колхозплемзавод «Казьминский», Кочубеевский муниципальный округ, Ставропольский край) и 53 головы красной степной породы (СПК «Племзавод Вторая Пятилетка», Ипатовский муниципальный округ, Ставропольский край), находящихся в условиях привязного содержания. Исходным материалом для выделения ДНК являлась кровь, отобранная из хвостовой вены в вакуумные пробирки типа S-Monovette® производства SARSTEDT (Германия) с антикоагулянтом ЭДТА. Метод выделения ДНК, основанный на использовании набор реагентов «DIAtomtmDNAPrep» (IsoGeneLab, Россия), который включает лизирующий реагент с гуанидинтиоцианатом, сорбент NucleoS и спиртовой раствор для отмывки ДНК от белков и солей. Концентрация ДНК проверялась при спектрофотометрическом измерении на приборе спектрофотометр Nano-500 (Allsheng, Китай). Амплификация фрагмента ДНК осуществлялась на программируемом термоциклере «Терцик» компании «ДНК-технология» (Россия), оснащенном че-

тырьмя каналами. Для проведения ПЦР применялись наборы «GenePakPCRCore», (IsoGeneLab, Россия). Объём реакционной смеси, включающей прямой (F:5'- ata-gcc-aaa-tat- atc-cca-att-cag-3') и обратный (R:5'-ttt-att-aat-aag-tcc-atg-aat-ctt-3') праймеры, составил 20 мкл. Олигонуклеотиды (праймеры) подобраны исходя из данных о нуклеотидной последовательности гена CSN3, доступных в базе GenBank (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/). Наиболее распространённые варианты аллелей CSN3A и CSN3B, отличаются заменой аминокислот (Thr→Ile и Asp→Ala) в позициях 136 и 148 [10]. Для идентификации аллельных вариантов гена каппа-казеин ПЦР продукты обрабатывали рестрикционным ферментом HindIII. Результаты ПЦР-ПДРФ анализировались с помощью электрофореза в агарозном геле, с последующей визуализацией амплифицированных фрагментов под ультрафиолетовым светом. Сравнение длины полученных фрагментов рестрикции с маркером молекулярных масс (M50 GenePakDNAMarkers) позволили определить генотипы образцов. Полученные экспериментальные данные проанализированы и сопоставлены между собой, подвергнуты биометрической обработке с использованием метода Харди-Вайнберга и метода $\chi 2$ по Н.А. Плохинскому (1969) [11] и Л.В. Ольховской (2007) [12] в компьютерной программе Microsoft Excel 2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ/RESULTS

Анализ результатов ДНК-генотипирования исследуемого поголовья молочного скота показал, что полиморфизм гена каппа-казеин, в обеих выборках животных (голштинская и красная степная породы) представлен двумя аллелями: $CSN3^A$ и $CSN3^B$ с разной частотой встречаемости.

В группе коров голштинской породы (n = 60) частота встречаемости аллеля $CSN3^A$ была 0,67, а желательного $CSN3^B$ аллеля в два раза ниже – 0,33 (рисунок 1). В исследуемой выборке коров красной степной породы отмечена аналогичная ситуация, поскольку чаще (0,78) встречался $CSN3^A$ аллель, реже (0,22) – желательный $CSN3^B$, что нашло отражение в частоте встречаемости гомозиготных ($CSN3^{AA}$, $CSN3^{BB}$) и гетерозиготного ($CSN3^{AB}$) вариантов генотипов.

Выявлено 32 гомозиготные коровы голштинской породы (26 коров – с CSN3AA и 6 – с CSN3BB генотипом), тогда как 28 особей было носителями гетерозиготного CSN3AB генотипа. При этом частота встречаемости генотипов составила: CSN3AA – 43,3 %, CSN3AB – 46,7 %, CSN3BB – 10,0 % (рисунок 2).

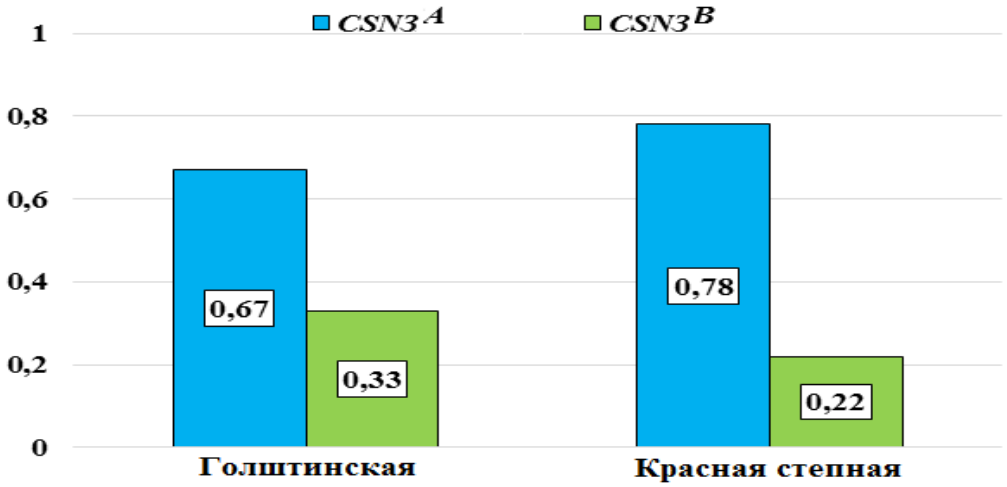


Рисунок 1 – Частота встречаемости аллелей гена каппа-казеина (CSN3).

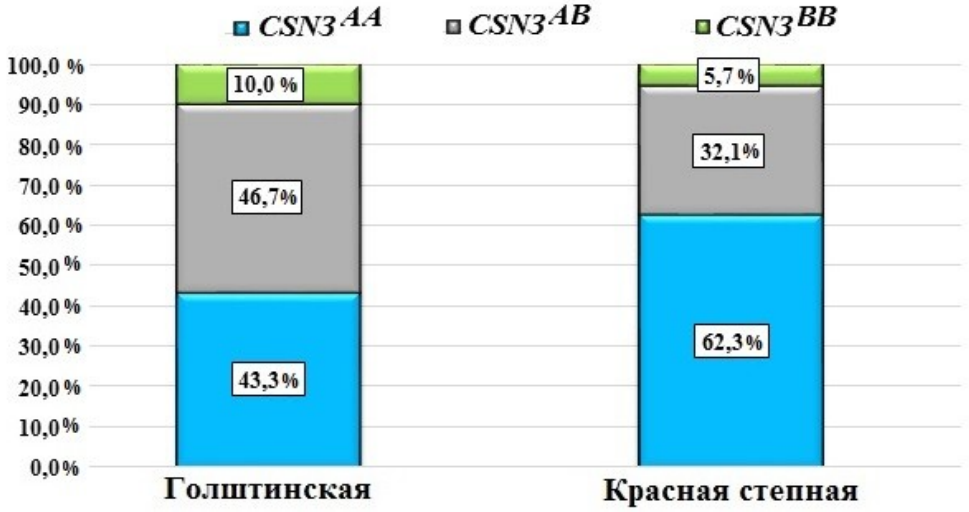


Рисунок 2 – Частота встречаемости генотипов гена каппа-казеина (CSN3), %.

Таблица 1– Генетическая структура гена *CSN3* в выборках коров разных пород

Показатель	Распределение	
	фактическое	теоретическое
Голштинская порода, (n = 60)		
Гетерозиготы	28,0	26,67
Гомозиготы	32,0	33,67
Тест гетерозиготности, ТГ	+ 0,075	
Степень гомозиготности, Са, %	55,56	
Уровень полиморфности, Na	1,80	
Доля гомозигот, %	53,3	
χ^2	0,150	
Красная степная порода, (n = 53)		
Гетерозиготы	17,0	18,01
Гомозиготы	36,0	34,50
Тест гетерозиготности, ТГ	- 0,043	
Степень гомозиготности, Са, %	66,02	
Уровень полиморфности, Na	1,51	
Доля гомозигот, %	67,92	
χ^2	0,167	

Наибольшая концентрация аллеля $CSN3^A$ (0,78) гена *CSN3* в исследуемой выборке коров красной степной породы обеспечила 62,2 % или 33 животных-носителей гомозиготного $CSN3^{AA}$ варианта и 32,1 % или 17 особей, несущих в своём геноме гетерозиготный $CSN3^{AB}$ генотип. Частота желательного гомозиготного $CSN3^{BB}$ генотипа составила 5,7 % (3 коровы).

Полученные данные согласуются с исследованиями, проведёнными Е.В. Гатиловой, Л.В. Ефимовой, О.В. Ивановой в 2020 году на пяти молочных породах: голштинской (n = 1525); чёрно-пёстрой (n = 1154); симментальской (n = 1066); холмогорской (n = 358); красной степной (n = 309). В работе авторов отмечено, что ча-

стота аллельного *CSN3*^{A} варианта преобладала в 2,8 раза над *CSN3*^{B} аллелью и, следовательно, что закономерным было преобладание особей носителей гомозиготного *CSN3*^{AA} генотипа [4, 6].

Проведена оценка генетической структуры коров голштинской и красной степной пород в локусе гена каппа-казеина (*CSN3*), путём определения цифровых значений генетических констант, представленных в таблице 1.

Степень гомозиготности (Са) в исследуемых выборках коров голштинской породы составила 55,56 %, а красной степной – 66,02 %, что свидетельствует о достаточно высокой степени консолидации стада. Соответственно, высокой была и доля гомозигот, составив – по голштинской породе – 53,3 %, красной степной – 67,92 %. Подтверждением выявленной ситуации оказался уровень полиморфности, то есть число эффективно действующих аллелей (Na), которое в исследуемых выборках коров составило – 1,80 и 1,51.

Тест гетерозиготности (ТГ), свидетельствующий об уровне генетического разнообразия популяции, у коров голштинской породы оказался положительным – (+0,075). В выборке коров красной степной данный показатель был отрицательным (-0,043), что стало свидетельством недостаточной степени гетерозиготности.

Статистический метод Харди-Вайнберга и метод χ^2 для выявления отклонений эмпирического распределения частот генотипов в локусе гена *CSN3* (каппа-казеина) от теоретического показал, что в исследуемой группе коров голштинской и красной степной пород не имеется статистически достоверного сдвига генетического равновесия ни по одному из трёх генотипов. При сравнении фактического распределения генотипов с теоретически ожидаемым, нарушения генного равновесия не выявлено для выборок коров голштинской породы χ^2 = 0,150, красной степной – χ^2 = 0,167.

Проведена сравнительная оценка показателей молочной продуктивности коров разных пород в зависимости от аллельного спектра гена *CSN3*.

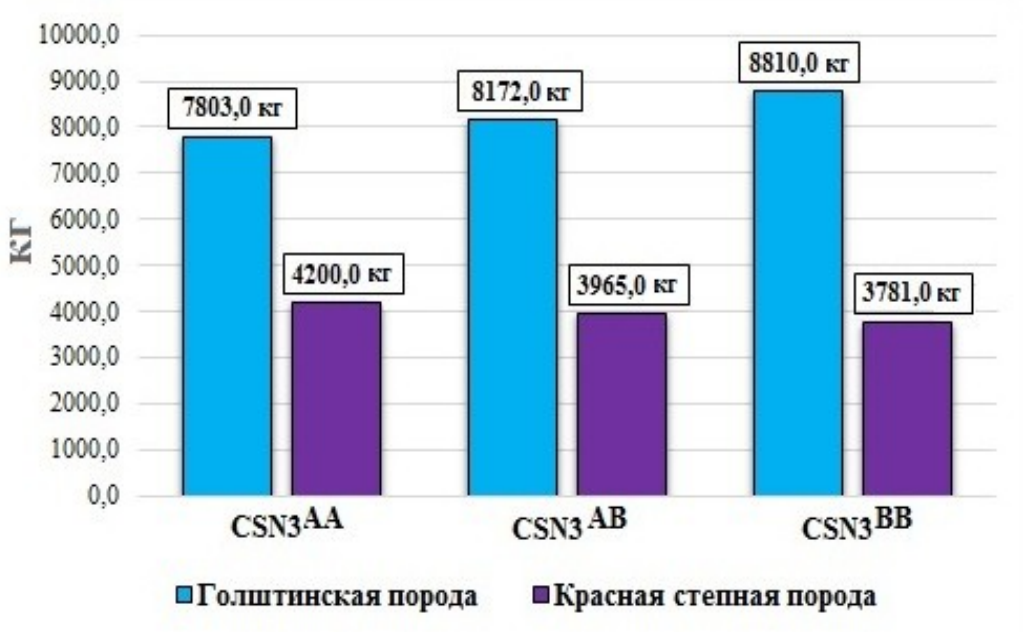


Рисунок 3 – Молочная продуктивность животных различных генотипов по гену каппа -казеина (CSN3), кг.

Отмечено, что животные голштинской породы с гомозиготным $CSN3^{B}$ генотипом гена *CSN3* отличались наибольшим удоем за высшую завершённую лактацию – 8810,0 кг молока. Их превосходство над генотипами $CSN3^{AA}$ и $CSN3^{AB}$ по этому показателю составило 1007,0, и 638,0 кг молока. (рисунок 3).

Животные красной степной породы с генотипом $CSN3^{AA}$ превосходили по удою носителей генотипов $CSN3^{AB}$ и $CSN3^{BB}$ этой же породы на 235,0 и 419,0 кг молока. В исследования проведённых С.Л. Гридиной и И.В. Ткаченко на первотёлках голштинизированной черно-пестрый породы было отмечено, что наивысшим удой (8005 кг молока) был в группе животных с гомозиготным $CSN3^{AA}$ генотипом, что согласуется с полученными нами данными по красной степной породе. Однако животные-носители гетерозиготного $CSN3^{AB}$ генотипа характеризовались минимальным (7187,0 кг) значением обильномолочности [13]. Однако в литературе встречаются данные о том, что молоко коров-носителей $CSN3^{B}$ аллеля, имеет лучшие технологические свойства [14,15,16].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В данном исследовании установлено, что наиболее распространённым генотипом гена *CSN3* в группе коров голштинской породы является гетерозиготный генотип $CSN3^{AB}$ – 46,7, а в группе коров красной степной породы гомозиготный генотип $CSN3^{AA}$ – 62,3 %, частота встречаемости желательного гомозиготного $CSN3^{BB}$ генотипа была наименьшей и составила 10,0 и 5,7 %, соответственно. Лучшие результаты по удою отмечены у коров-носителей голштинской породы гомозиготного $CSN3^{BB}$ генотипа – 8810,0 кг молока. Для красной степной породы преимущество по удою установлено у животных-носителей гомозиготного $CSN3^{AA}$ генотипа – 4200,0 кг молока. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшей работы как в области генетики, так и в селекции животных. Возможность увеличения молочной продуктивности за счёт целенаправленного отбора животных с желаемыми генотипами открывает новые пути для оптимизации молочного производства и повышения его эффективности.

POLYMORPHISM OF THE KAPPA CASEIN (*CSN3*) GENE AND ITS RELATION TO MILK PRODUCTIVITY IN A SAMPLE OF HOLSTEIN AND RED STEPPE COWS

Gadzhiev Z.K. – Doctor of Biology, Chief Scientific Officer. Co–author, (ORCID 0000-0003-1966-7000); **Evlagina D.D.** – PhD. biol. sciences, sci. (ORCID 0000-0001-6101-7293); **Kovaleva G.P.** – Candidate of Agricultural Sciences, ved. ved. sci. Associate Professor (ORCID 0000-0002-6655-2225); **Surzhikova E.S.** – Candidate of Agricultural Sciences, ved. sci. Co-author, (ORCID 0000-0002-3955-0902); **Lapina M.N.** – PhD. biol. sciences, ved. sci. comp. (ORCID 0000-0002-7651-8450)

North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center

*gadzhiev70@yandex.ru

ABSTRACT

The state programs for the development of animal husbandry aim not only to increase the dairy productivity of cows, but also to improve the quality of milk. The development of molecular genetics of farm animals has created conditions for the search for key genes, the polymorphism of which makes a significant contribution to solving the problems of practical breeding. Among the many genes that determine milk productivity and milk quality, a group of genes can be identified that make the greatest contribution to the formation and functioning of this quantitative trait. These primarily include the kappa-casein (CSN3) gene. The aim of the work was to establish the polymorphism of the kappa-casein gene in Holstein and Red steppe cows and to identify the relationship between the genotypes and the dairy productivity of animals. The object of the study was cows of two breeds: Holstein (n = 60) and Red steppe (n = 53). Animal genotyping was performed by PCR- RFLP. It was found that the heterozygous CSN3B genotype was the

most common CSN3 gene in the group of Holstein cows – 46.7 %, while the homozygous CSN3AA genotype was the most common in the group of red steppe cows – 62.3 %, and the frequency of occurrence of the desired homozygous CSN3B variant was the lowest, amounting to 10.0 and 5.7 %, respectively. The best milk yield results (8810.0 kg of milk) were observed in Holstein cows carrying homozygous CSN3B genotype. In the sample of cows of the red steppe breed, the milk yield advantage was found in animals carrying homozygous CSN3AA genotype – 4200.0 kg of milk. Consequently, research shows that understanding how different genetic variants of marker genes affect milk productivity and quality will further allow us to form long-term strategies for both an individual farm and the industry as a whole

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2023 год). [Электронный ресурс]. Дата обращения: 09.01.2025.
2. Сарычев В.А. Экономическая эффективность производства молока от коров с разным генотипом каппа-казеина (CSN3) // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2. – С. 50-53.
3. Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н. Оценка генетического потенциала молодняка молочного скота по маркерным генам CSN3, GH, PIT-1, PRL // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 6. – С. 40-46.
4. Полиморфизм генов бета-казеина (CSN2) и каппа-казеина (CSN3) у крупного рогатого скота молочного направления продуктивности (обзор) / Л.В. Кононова, Д.Д. Евлагина, Г.П. Ковалева и др. // Главный зоотехник. – 2024. – № 10(255). – С. 38-53. – DOI 10.33920/sel-03-2410-04.
5. Оценка коров-первотёлок чёрно-пёстрой породы по ДНК-маркерам, ассоциированных с хозяйственно-полезными признаками / З.К. Гаджиев, Е.С. Суржикова, Д.Д. Евлагина и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 61-3. – С. 29-36. – DOI 10.54258/20701047_2024_61_3_29.
6. Гатилова Е.В., Ефимова Л.В., Иванова О.В. Встречаемость генотипов каппа-казеина и их влияние на молочную продуктивность коров разных пород // Вестник АПК Ставрополья. – 2020. – № 4(40). – С. 42-47. – DOI 10.31279/2222-9345-2020-9-40-42-47.
7. Oghate E.B., Adetunb A.J., OlawaleJ O. Associaton of kappa-casein genotype and the linear parameter in two indigenious bos indicus and bos taurus cattle in Nigeria. – 2020. – V. 1(1) – P.12-22. – DOI:10.52417/ojas.v1i1.89.
8. Подречнева И.Ю., Щеголев О.П., Белокуров С.Г. Аллельный полиморфизм генов CSN3 и CSN2 у быков-производителей молочных пород. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 5. – С. 109-113.
9. Возможности селекции крупного рогатого скота по локусам CSN2 и CSN3 / Н.В. Ковалюк, В.Ф. Сацук, Е.В. Мачульская и др. // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 6. – С. 9-11.
10. Плохинский Н.А. Биометрия в животноводстве / Москва: Колос, 1969. 326 с.
11. Ольховская Л.В., Абонеев В.В. Биохимический полиморфизм в селекции коз: Монография. – Ставрополь, 2007. – 190 с.
12. Влияние комплексных генотипов генов каппа-казеин (CSN3) и бета-лактоглобулин (LGB) на молочную продуктивность голштинского скота / Н.Ю. Сафина, Э.Р. Гайнутдинова, Ф.Ф. Зиннатова и др. // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 5. – С. 64-67. – DOI 10.28983/asj.y2020i5pp64-67.
13. Гридина С.Л., Ткаченко И.В. Генотипирование крупного рогатого скота племенных предприятий Свердловской области по гену каппа-казеина // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 273-277.
14. Лоретц О. Г., Матушкина Е.В. Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 3(121). – С. 23-26.

15. Часовщикова, М. А. Химический состав и выход сыра из молока коров с разными генотипами каппа-казеина // Биотехнологические аспекты управления технологиями пищевых продуктов в условиях международной конкуренции: Сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 19 марта 2019 года / Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2019. – С. 251-254.
16. Иванов В.А., Марзанов Н.С., Елисеева Л.И., Таджиев К.П., Марзанова С.Н. Генотипы пород крупного рогатого скота и качество молока // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2017. – № 3. – С. 48-65.

REFERENCES

1. Yearbook on breeding work in sheep and goat breeding in farms of the Russian Federation (2023). [electronic resource]. Date of reference: 01/09/2025.
2. Sarychev V.A. Economic efficiency of milk production from cows with different genotypes of kappa casein (CSN3) // Bulletin of Youth Science of the Altai State Agrarian University. - 2023. – No. 2. – pp. 50-53.
3. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N. Assessment of the genetic potential of young dairy cattle by marker genes CSN3, GH, PIT-1, PRL // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2020, No. 6, pp. 40-46.
4. Polymorphism of beta-casein (CSN2) and kappa-casein (CSN3) genes in dairy cattle (review) / L.V. Kononova, D.D. Evlagina, G.P. Kovaleva et al. // Chief Animal Technician. – 2024. – № 10(255). – Pp. 38-53. – DOI 10.33920/sel-03-2410-04 .
5. Assessment of the first-born cows of the black-and-white breed by DNA markers associated with economically useful traits / Z.K. Gadzhiev, E.S. Surzhikova, D.D. Evlagina, and others // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrariana universiteta. – 2024. – Vol. 61-3. – pp. 29-36. – DOI 10.54258/20701047_2024_61_3_29.
6. Gatilova E.V., Efimova L.V., Ivanova O.V. The occurrence of kappa casein genotypes and their effect on dairy productivity of cows of different breeds // Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol. – 2020. – № 4(40). – Pp. 42-47. – DOI 10.31279/2222-9345-2020-9-40-42-47.
7. Oghate E.B., Adetunb A.J., OlawaleJ O. Associaton of kappa-casein genotype and the linear parameter in two indigenous bos indicus and bos taurus cattle in Nigeria. – 2020. – V. 1(1) – P.12-22. – DOI:10.52417/ojas.v1i1.89.
8. Podrechneva I.Yu., Shchegolev O.P., Belokurov S.G. Allelic polymorphism of the CSN3 and CSN2 genes in dairy bulls. // International Scientific Research Journal, 2020, No. 5, pp. 109-113.
9. Breeding possibilities of cattle by CSN2 and CSN3 loci / N.V. Kovalyuk, V.F. Satsuk, E.V. Machulskaya et al. // Dairy and beef cattle breeding. – 2019. – No. 6. – pp. 9 -11.
10. Plokhinsky N.A. Biometrics in animal husbandry / Moscow: Kolos Publ., 1969. 326 p. (in Russian)
11. Olkhovskaya L.V., Aboneev V.V. Biochemical polymorphism in goat breeding: Monograph. Stavropol, 2007. 190 p. (in Russian)
12. Influence of complex genotypes of kappa -casein (CSN3) and beta genes-lactoglobulin (LGB) on dairy productivity of Holstein cattle / N.Yu. Safina, E.R. Gainutdinova, F.F. Zinnatova et al. // Agrarian Scientific Journal. – 2020. – No. 5. – pp. 64-67. – DOI 10.28983/asj.y2020i5pp64-67.
13. Gridina S.L., Tkachenko I.V. Genotyping of cattle breeding enterprises of the Sverdlovsk region by the kappa-casein gene // Agroindustrial Complex of Russia. 2016. Vol. 23, No. 2. pp. 273-277.
14. Loretz O. G., Matushkina E.V. The influence of the kappa-casein genotype on the technological properties of milk // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2014. – № 3(121). – Pp. 23-26.
15. Chasovshchikova, M. A. Chemical composition and yield of cheese from milk of cows with different kappa-casein genotypes // Biotechnological aspects of food

technology management in conditions of international competition: A collection of articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Kurgan, March 19, 2019 / Under the general editorship of S.F. Sukhanova. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2019, pp. 251-254.

16. Ivanov V.A., Marzanov N.S., Eliseeva L.I., Tajiev K.P., Marzanova S.N. Genotypes of cattle breeds and milk quality // Problems of biology of productive animals. - 2017. – No. 3. – pp. 48-65.

УДК: 619:618:616-092:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.326

ЦИТОКИНОВЫЙ ПРОФИЛЬ У НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ, ПЕРЕНЁСШИХ АНТЕНАТАЛЬНУЮ И ИНТРАНАТАЛЬНУЮ ГИПОКСИЮ

Жуков М.С. * – канд. ветеринар. наук (ORCID 0000-0002-9317-7344); **Паршин П.А. –** д-р ветеринар. наук (ORCID 0000-0002-8790-0540); **Алехин Ю.Н.** – д-р ветеринар. наук (ORCID 0000-0003-0666-7722); **Шапошников И.Т**. – д-р биол. наук (ORCID 0000-0003-0190-9083); **Бригадиров Ю.Н.** – д-р ветеринар. наук (ORCID 0000-0003-3804-1732)

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии»

*maxim.zhukoff2015@yandex.ru

Ключевые слова: *телята, антенатальная гипоксия, интранатальная асфиксия, цитокины.*

Keywords: *calves, antenatal hypoxia, intranatal asphyxia, cytokines.*

Поступила: 10.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Целью исследования стало изучение цитокинового профиля новорожденных телят, перенёсших антенатальную и интранатальную гипоксию. Для проведения исследования были сформированы три группы телят: здоровые (n = 8); перенёсшие антенатальную гипоксию (n = 14); перенёсшие интранатальную асфиксию (n = 12). Через 3 дня после рождения у данных животных проводился отбор проб крови для определения концентрации интерлейкина-1β (ИЛ-1β), интерлейкина-10 (ИЛ-10) и интерферона-γ (ИНФ-γ) методом иммуноферментативного анализа. Установлено, что у телят с антенатальной и интранатальной гипоксией цитокиновый профиль характеризуется повышенным уровнем ИЛ-1β на 14,9-84,4% ($P < 0,05$) и пониженным уровнем ИЛ-10, вырабатываемым Т-лимфоцитами II типа на 18,3-19,8% ($P < 0,05$). При этом количество ИНФ-γ, вырабатываемое Т-лимфоцитами I типа, у телят с антенатальной гипоксией достоверно не изменяется в то время, как у телят с интранатальной гипоксией данный показатель возрастает на 14,7% ($P < 0,05$). При расчете ИЛ-1β/ИЛ-10 отмечено, что у животных, перенёсших антенатальную и интранатальную гипоксию, данный показатель достоверно превышает значение здоровых. Так у первых он выше на 43,5% ($P < 0,05$), а у вторых в 2,3 раза ($P < 0,05$). В свою очередь расчёт соотношения ИНФ-γ/ИЛ-10 показывает, что у телят, перенёсших антенатальную и интранатальную гипоксию данный показатель выше на 27,2 и 40,8% ($P < 0,05$) соответственно. Таким образом, проведенное исследование показало, что у новорожденных телят, перенёсших гипоксические состояния, имеется преобладание активности Т-клеточного иммунитета и провоспалительного цитокинового профиля, который отражает тяжесть патологического воздействия.

ВВЕДЕНИЕ/ INTRODUCTION

Перинатальная заболеваемость и смертность телят представляют собой значимую проблему как для ветеринарных специалистов, так и для животноводов, особенно учитывая затраты на оплодотворение и содержание коров в период стельности. Учитывая актуальность данной темы, исследование факторов риска, влияющих на выживаемость телят, уже давно привлекает внимание ученых. Одними из таких факторов является гипоксические состояния, которые у новорожденных телят чаще всего наблюдаются в виде антенатальной гипоксии и интранатальной асфиксии. На молочных комплексах антенатальная гипоксия и интранатальная асфиксия у новорожденных встречаются с частотой 23 и 15%, а на предприятиях мясного направления они регистрируются в 17 и 9% случаев соответственно [1]. Первая патология возникает в период беременности по причине наличия у матери ацидоза и дефицита кислорода. Вторая же возникает в большинстве случаев во второй период родов по причине прекращения фетоплацентарного кровообращения и неспособности телёнка начать самостоятельно дышать. Несмотря на разные причины возникновения данных патологических состояний их объединяет патогенез. У новорожденных, перенёсших гипоксические состояния изменяется метаболический статус. В зависимости от длительности гипоксии в крови изменяется pH в сторону ацидоза, снижается концентрация глюкозы и увеличивается уровень кортизола [2]. Количество активных форм кислорода при этом увеличивается, что приводит к повреждению центральной и симпатической нервной систем новорожденных [3]. Также в серии исследований показано, что у телят с постгипоксическими состояниями снижается абсорбция иммуноглобулинов из молозива [4, 5]. Всё это в комплексе способствует развитию ранней неонатальной инфекции и снижению жизнеспособности новорожденных. При этом в литературе отсутствуют данные об цитокиновом профиле таких животных.

Поэтому целью исследования стало изучение цитокинового профиля новорожденных телят, перенёсших антенатальную и интранатальную гипоксию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились на молочных комплексах Воронежской области в период с 2022 по 2024 год. Объектом исследования были новорожденные телята (n = 34), полученные от коров красно-пёстрой породы в возрасте 3 лет. После рождения телята были разделены на 3 группы: здоровые (n = 8); телята, перенёсшие антенатальную гипоксию (n = 14); телята, перенёсшие интранатальную асфиксию (n = 12). Формирование групп животных осуществлялось на основании клинического состояния коров-матерей в третьем триместре беременности, течения родового процесса и клинического обследования новорожденных телят. Критерием для постановки диагноза антенатальная гипоксия являлось низкое количество гемоглобина (Hb) в крови коров-матерей в третьем триместре беременности (Hb < 90,0 г/л), отсутствие синдрома «трудные роды», бледно-синий окрас слизистых оболочек новорожденных телят, заторможенная реакция ЦНС (реакция на щипок в области крупа более 15 секунд). Критерием для постановки диагноза интранатальная асфиксия (гипоксия) являлось нормальное содержание Hb в крови коров -матерей в третьем триместре беременности, наличие синдрома «трудные роды», бледно-синий окрас слизистых оболочек новорожденных телят, тахипное, тахикардия и заторможенная реакция ЦНС (реакция на щипок в области крупа более 15 секунд). Через 3 дня после перенесённых гипоксических состояний проводился отбор проб крови из ярёмной вены. Взятие материала осуществлялось с помощью вакуумной системы в пробирки, содержащие активатор свертывания крови SiO2. Далее полученные образцы сыворотки крови центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 минут («Durafuge 300 R», Франция). После в ней определяли концентрацию интерлейкина-

1β (ИЛ-1β), интерлейкина-10 (ИЛ-10) и интерферона-γ (ИНФ-γ) методом иммуноферментного анализа с использованием анализатора иммуноферментных реакций АИФР-01 УНИПЛАНтм (ЗАО «ПИКОН», Россия) и коммерческих тест-систем (АО «Вектор-Бест», Россия).

Полученные результаты подвергали статистической обработке с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica v 10. Рассчитывали среднюю арифметическую и ошибку средней. Достоверность различия между выборками оценивали с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни. При проверке статистических гипотез использовали 5% уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Клиническое обследование новорожденных телят (n = 8) показало, что слизистая оболочка их дёсен имела равномерный розово-красный цвет, а устойчивая поза стояния у них наблюдалась через 44,3±10,2 мин после рождения. Реакция телят на щипок в области крупа проявлялась самостоятельным вставанием через 10-15 секунд. Вес телят при рождении составлял 31,4±1,33 кг, средняя частота сердечных сокращений и дыхательных движений за минуту были равны 111,4±5,28 и 33,2±2,25 соответственно. На основании этих данных они были признаны клинически здоровыми.

Клиническое обследование телят (n = 14), родившихся от коров с анемией во время беременности, показало, что устойчивая поза стояния у данных животных наблюдалась через 125,5±35,87 мин после рождения, реакция на щипок в области крупа наблюдалась через 15-20 секунд. Вес телят при рождении составлял 28,1±1,51 кг, средняя частота сердечных сокращений и дыхательных движений за минуту были равны 150,9±6,50 и 43,1±6,87 соответственно. Цвет слизистых оболочек при этом имел умеренно выраженный цианоз. Телята, перенёсшие синдром «трудные роды» (n = 12) имели средний вес 33,2±3,29 кг. Осмотр внешних слизистых оболочек выявлял выраженный цианоз и гиперемию дёсен. Устойчивая поза стояния наблюдалась через 3-4 часа, средняя частота сердечных сокращений и дыхательных движений за одну минуту составляла 168,0±3,00 и 38,2±1,82 соответственно. Реакция на щипок в области крупа при этом наблюдалась через 25-40 сек., телята уклонялись, но затем пытались встать.

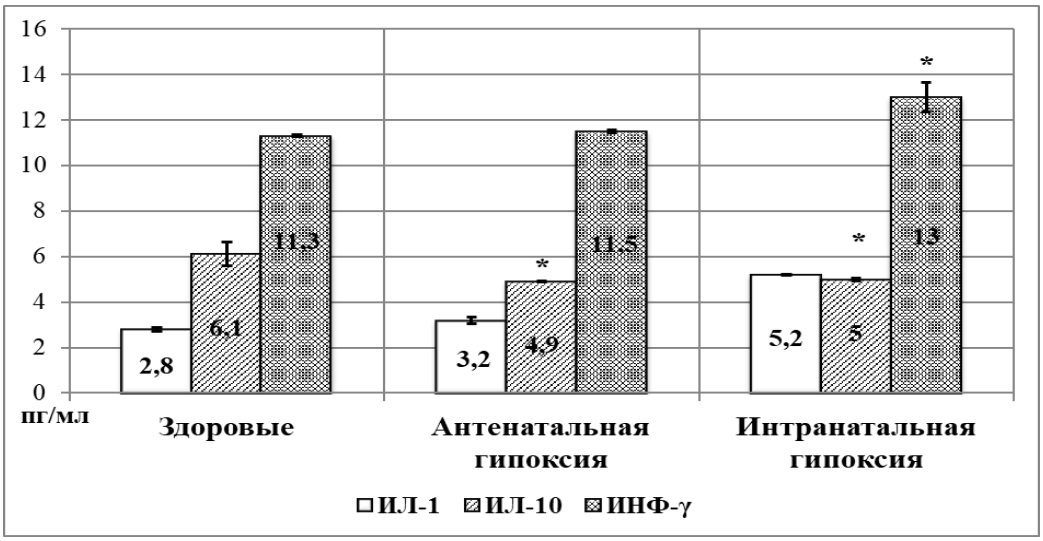


*Рисунок 1- Цитокиновый профиль новорожденных телят. (Примечание: * - P < 0,05 в сравнении с группой здоровых).*

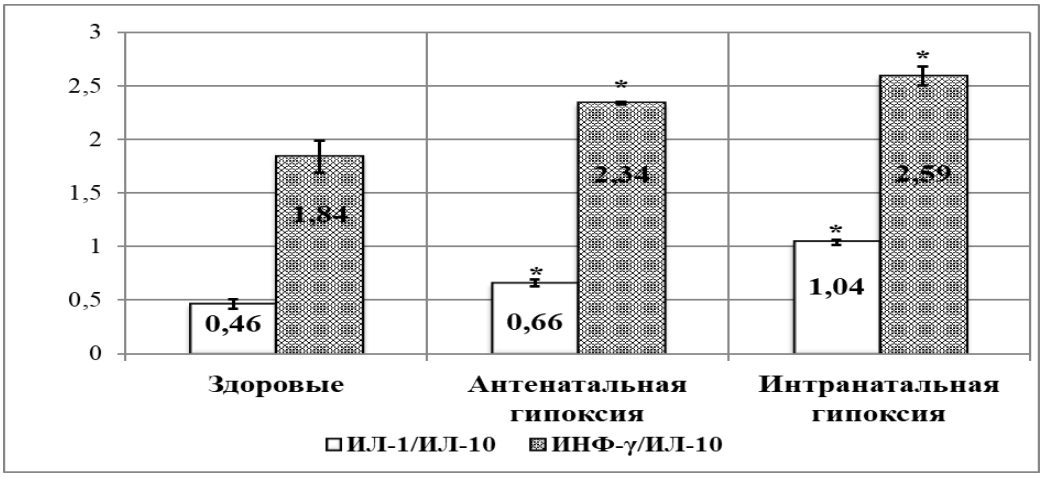


Рисунок 2 – Цитокиновый баланс новорожденных телят
*(Примечание: * - P < 0,05 в сравнении с группой здоровых).*

Дальнейшими исследованиями было установлено, что у телят с антенатальной и интранатальной гипоксией цитокиновый профиль характеризуется повышенным уровнем ИЛ-1β на 14,9-84,4% и пониженным уровнем ИЛ-10, вырабатываемым Т-лимфоцитами II типа на 18,3-19,8%. При этом количество ИНФ-γ, вырабатываемое Т-лимфоцитами I типа, у телят с антенатальной гипоксией достоверно не изменялся в то время, как у телят с интранатальной гипоксией данный показатель был выше на 14,7% (рис.1).

При расчете ИЛ-1β/ИЛ-10 отмечалось, что у животных, перенёсших анетнатальную и нтранатальную гипоксию, данный показатель достоверно превышает значение здоровых. Так у первых он был выше на 43,5%, а у вторых в 2,3 раза (рис. 2). В свою очередь расчёт соотношения ИНФ-γ/ ИЛ-10 показывает, что у телят, перенёсших антенатальную и интранатальную гипоксию данный показатель выше на 27,2 и 40,8% соответственно. Это указывает на преобладание у данных животных активности Т-клеточного иммунитета, что вероятнее всего является компенсаторным процессом в ответ на колостральный иммунодефицит [4].

В свою очередь, выявленный профиль провоспалительных цитокинов, вероятно, свидетельствует о степени тяжести гипоксии. Эти изменения наиболее ярко выражены у животных с острым патологическим процессом (интранатальная асфиксия), чем с хроническим состоянием (антенатальной гипоксией). В гуманной медицине данный феномен также наблюдается. Ученые отмечают, что повышение концентрации ИЛ-1β связано с его синтезом микроглией в ответ на гипоксическое и ишемическое повреждение центральной нервной системы [6, 7]. Все это может привести к развитию гипоксически-ишемической энцефалопатии [8]. Вмести с этим необходимо отметить, что в ветеринарной медицине в настоящее время имеется достаточно малое количество литературы, посвященной изучению энцефалопатий у новорожденных телят. В недавнем исследовании было показано, что данная патология встречается у 84,5% телят, рожденных после трудных родов [9]. Энцефалопатия проявляется наличием слабовыраженного двигательного и пищевого рефлекса в плоть до неспособности сосать молока [10, 11]. Также необходимо справедливо отметить тот факт, что в гуманной медицине диагноз гипоксически-ишемическая энцефалопатия ставится с использованием скринингового метода нейросонографии, но при лёгкой степени церебральной ишемии он не выявляет структурных изменений. В вете-

ринарной медицине диагноз ставится на основании клинических признаков, а расширенная визуализация головного мозга для выявления гипоксически-ишемических повреждений не проводится. В соответствии с этим полученные данные имеют несомненную диагностическую значимость и могут быть использованы для оценки тяжести постгипоксических состояний новорожденных телят, а также для разработки и контроля эффективности реанимационных мероприятий у новорожденных, рождённых в состоянии гипоксии и асфиксии.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенное исследование показало, что у новорожденных телят, перенёсших гипоксические состояния, имеется преобладание активности Т-клеточного иммунитета и провоспалительного цитокинового профиля, который отражает тяжесть патологического воздействия.

CYTOKINE PROFILE IN NEWBORN CALVES THAT EXPOSED ANTENATAL AND INTRANATAL HYPOXIA

Zhukov M.S.* – cand. veterinarian. sciences, art. sci. sotr. Department of Experimental Pharma-cology and Functioning of Living Systems ORCID 0000-0002-9317-7344), **Parshin P.A.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Director (ORCID 0000-0002-8790-0540), **Alekhin Yu.N.** – Doctor of Veterinary Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. Department of Experimental Therapy (ORCID 0000-0003-0666-7722), **Shaposhnikov I.T.** – Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. Department of Experimental Pharma-cology and Functioning of Living Systems (ORCID 0000-0003-0190-9083), **Brigadirov Yu.N.** – Doctor of Veterinary Sciences, Chief Scientific Officer. sotr. Department of Experimental Pharmacology and Function-ing of Living Systems (ORCID 0000-0003-3804-1732)

All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy

*maxim.zhukoff2015@yandex.ru

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate the cytokine profile of newborn calves that had undergone antenatal and intranatal hypoxia. Three groups of calves took part in the study: healthy (n = 8); those that had undergone antenatal hypoxia (n = 14); those that had undergone intranatal asphyxia (n = 12). Three days after birth, blood samples were taken from these animals to determine the concentration of interleukin-1β (IL-1β), interleukin-10 (IL-10) and interferon-γ (IFN-γ) using the enzyme immunoassay. It was found that in calves with antenatal and intranatal hypoxia, the cytokine profile is characterized by an increased level of IL-1β by 14.9-84.4% (P 0.05) and a decreased level of IL-10 produced by type II T-lymphocytes by 18.3-19.8% (P 0.05). At the same time, the amount of INF-γ produced by type I T-lymphocytes in calves with antenatal hypoxia does not change significantly, whereas in calves with intranatal hypoxia this indicator increases by 14.7% (P 0.05). When calculating IL-1β/IL-10, it was noted that in animals that have undergone antenatal and intranatal hypoxia, this indicator significantly exceeds the value of healthy animals. Thus, for the former it is higher by 43.5% (P 0.05), and for the latter by 2.3 times (P 0.05). In turn, the calculation of the INF-γ/IL-10 ratio shows that in calves that have experienced antenatal and intranatal hypoxia, this indicator is higher by 27.2 and 40.8% (P 0.05), respectively. Thus, the study showed that in newborn calves that have experienced hypoxic conditions, the activity of T-cell immunity and proinflammatory cytokine profile prevail, which reflects the severity of the pathological effect.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Алехин Ю.Н. Причины гипоксии у крупного рогатого скота в анте- и интранатальные периоды онтогенеза. Ветеринарный врач. 2013; 5: 28-33.

2.Bellows R.A. and Lammoglia M.A. Effects of severity of dystocia on cold tolerance and serum concentrations of glucose and cortisol in neonatal beef calves. Theriogenology. 2000; 53: 803-813.

3.Vannucchi C.I., Silva L.G., Lúcio C.F., Veiga G.A.L. Oxidative stress and acid-base balance during the transition period of neonatal Holstein calves submitted to different calving times and obstetric assistance. J Dairy Sci. 2019; 102(2):1542-1550. DOI: 10.3168/jds.2018-14754.
4.Жуков М.С. Паршин П.А., Востроилова Г.А., Шапошников И.Т., Бригадиров Ю.Н., Алехин Ю.Н. Особенности формирования колострального иммунитета у новорожденных, полученных от коров с экстрагенитальными патологиями. Международный вестник ветеринарии. 2024; 3: 95-107. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.95
5.Besser T.E., Szenci O., Gay C.C. Decreased colostral immunoglobulin absorption in calves with postnatal respiratory acidosis. J Am Vet Med Assoc. 1990; 196: 1239-1243.
6.Панова М.С., Панченко А.С., Мудров В.А., Зиганшин А.М. Возможности ранней диагностики гипоксического повреждения головного мозга у доношенных новорожденных. Сибирское медицинское обозрение. 2022; 1: 51-58.
7.Chaparro-Huerta V., Flores-Soto M.E., Merin Sigala M.E., Barrera de León J.C., Lemus-Varela M.L., Torres-Mendoza B.M., Beas-Zárate C. Proinflammatory cytokines, enolase and s-100 as early biochemical indicators of hypoxic-ischemic encephalopathy following perinatal asphyxia in newborns. Pediatr Neonatol. 2017; 58(1): 70-76. DOI: 10.1016/j.pedneo.2016.05.001.
8.Панова М.С., Панченко А.С., Пушкарев Б.С. Частота полиморфизма генов цитокинов у доношенных новорождённых детей с гипоксическими событиями. Acta biomedica scientific. 2020; 5 (4): 21-27. DOI: 10.29413/ABS.2020-5.4.3
9.Bianco A.W., Moore G.E., Taylor S.D. Neonatal encephalopathy in calves presented to a university hospital. J Vet Intern Med. 2017; 31(6):1892-1899. DOI: 10.1111/jvim.14821.
10. Лощинин С.О., Чучин В.Н., Авдеенко В.С., Кривенко Д.В. Интранатальная асфиксия новорожденных телят в период патологических родов. Известия Горского государственного аграрного университета. 2014; 51 (3): 150-156.
11. Dufty J.H., Sloss V. Anoxia in the bovine foetus. Aust Vet J. 1977; 53(6): 262-267. DOI: 10.1111/j.1751-0813.1977.tb00211.x.

REFERENCES

1. Alyokhin Yu.N. Causes of hypoxia in cattle in the ante- and intranatal periods of ontogenesis. A veterinarian. 2013; 5: 28-33.
2.Bellows R. A. and Lammoglia M. A. Effects of severity of dystocia on cold tolerance and serum concentrations of glucose and cortisol in neonatal beef calves. Theriogenology. 2000; 53: 803-813.
3.Vannucchi C. I., Silva L. G., Lúcio C. F., Veiga G. A. L. Oxidative stress and acid-base balance during the transition period of neonatal calves submitted to different balding times and obstetric assistance. J Dairy Sci. 2019; 102(2):1542-1550. DOI: 10.3168 / jds.2018-14754.
4. Zhukov M.S., Parshin P.A., Vostroilova G.A., Shaposhnikov I.T., Brigadirov Yu.N., Alyokhin Yu.N. Features of the formation of colostral immunity in newborns obtained from cows with extragenital pathologies. International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024; 3: 95-107. DOI: 10.52419 / issn2072-2419.2024.3.95
5.Besser T. E., Szenci O., Gay C. C. Decreased colostral immunoglobulin absorption in calves with postnatal respiratory acidosis. J Am Vet Med Assoc. 1990; 196: 1239-1243.
6. Panova M.S., Panchenko A.S., Mudrov V.A., Ziganshin A.M. Possibilities of early diagnosis of hypoxic brain damage in full-term newborns. Siberian Medical Review. 2022; 1: 51-58.
7.Chaparro-Huerta V., Flores-Soto M. E., Merin Sigala M. E., Barrera de León J. C., Lemus-Varela M. L., Torres-Mendoza B. M., Beas-Zárate C. Proinflammatory cytokines, enolase and s-100 as early biochemical indicators of hypoxic-ischemic encephalopathy following perinatal asphyxia in newborns. Pediatr Neonatol. 2017; 58(1): 70-76. DOI: 10.1016 / j. pedneo.2016.05.001.
8. Panova M.S., Panchenko A.S., Pushkarev

B.S. Frequency of cytokine gene polymorphism in full-term newborn infants with hypoxic events. Acta biomedica scientific. 2020; 5 (4): 21-27. DOI: 10.29413 / ABS.2020-5.4.3
9. Bianco A. W., Moore G. E., Taylor S. D. Neonatal encephalopathy in calves presented to a university hospital. J Vet Intern Med. 2017; 31(6):1892-1899. DOI: 10.1111 / jvim.14821.
10. Loshchinin S.O., Chuchin V.N., Avdeenko V.S., Krivenko D.V. Intranatal asphyxia of newborn calves during pathological childbirth. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2014; 51 (3): 150-156.
11.Dufty J. H., Sloss V. Anoxia in the bovine foetus. Aust Vet J. 1977; 53 (6): 262-267. DOI: 10.1111 / j. 1751-0813.1977.tb00211.x.

УДК: 636.2.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.333

ВЛИЯНИЕ ГОМОГЕННОГО ПОДБОРА НА ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА КОРОВ СЫЧЕВСКОЙ ПОРОДЫ

Герасимова А.С.[*] – науч. сотр. лаборатории зоотехнологий (ORCID 0000-0002-5643-1972); **Сысоинкова Д.В.** – ст. науч. сотр. лаборатории зоотехнологий (ORCID 0000-0001-8754-6521).

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

[*]kingloger@yandex.ru)

Ключевые слова: *сычевская порода, возраст первого отела, индифференс-период, сервис-период, инбридинг, генеалогическая линия.*

Key words: B*reed of Sychevka, first calving age, indifferent period, open days, inbreeding, genealogical line.*

Финансирование: *работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (тема № FGSS-2024-0003).*

Поступила: 13.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Накоплено большое количество данных, свидетельствующих о снижении эффективности племенной работы с животными молочных пород скота из-за значительных проблем с воспроизводством. При селекции особое значение имеет не только метод разведения, но и способ подбора, от которых зависит их репродуктивная способность. В статье рассматривается вопрос влияния степени инбридинга, как крайней формы гомогенного подбора, при использовании метода линейного разведения коров на их воспроизводительные качества. Исследования проведены на поголовье 437 коров сычевской породы, впервые отелившихся в период 2013-2022 гг. в ООО «Восток» Смоленской области. Для ретроспективного анализа взято поголовье коров, доля кровности по улучшающей голштинской породе которых не превышает 25 %. Полученные в результате исследований значения возраста первого отела, индифференс-периода и сервис-периода от степени примененного инбридинга существенно не зависят, однако, имеют различные показатели в разрезе линейной принадлежности. Наибольшее количество поголовья с высокой степенью инбридинга выявлено в линии Клевера 68 (52,5 %). Маточное поголовье линий Аромата 3433 и Данцига 3641 полностью аутбредные. Только в линии Тореадора 3032 поголовье, полученное с использованием близкородственного подбора, имеет достоверно низкий возраст первого отела (29,7 мес.). По всему исследованному поголовью наиболее скороспелыми являются животные аутбредного подбора. Один из самых низких возраст первого отела у коров из линии Аниса 4593, полученных без использования инбридинга (28,1 мес.). Средние значения индифференс-периода стада свидетельствуют о том, что половой цикл 58 % коров

возобновляется в течение 60 суток после отела. Сервис-период животных наиболее приближен к оптимальным значениям у коров из линий Аниса 4593 и Данцига 3641 (46-95 сут.) при отдаленном инбридинге и аутбредном подборе. У потомков линии Клевера 68, при близкородственном подборе, в первой лактации выявлен наиболее продолжительный сервис-период, превышающий 165 суток. Доля влияния степени инбридинга на возраст первого отела и индифференс-период коров сычевской породы не превышает 5 %.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Вопросы репродукции стада включают целый ряд разнообразных организационно-хозяйственных, зооветеринарных и технологических приемов. На функциональное состояние воспроизводительной системы животных оказывают влияние различные факторы, обуславливая специфичность проявления половой функции у коров. Накоплено множество данных, свидетельствующих о снижении эффективности племенной работы с животными молочных пород скота из-за значительных проблем с воспроизводством. При селекции животных особая значимость отведена не только методу разведения, но и способу подбора, оказывающему воздействие на их репродуктивную способность. При формировании стад с селекционными признаками высокой однородности необходимо поддерживать уровень гомозиготности, не вызывающий инбредной депрессии и не снижающий жизнеспособность, и плодовитость у потомства. Наряду с данной проблемой, с увеличением сервис-периода, главной причиной яловости коров, связаны – поздний срок инволюции матки и низкая результативность осеменения [1, 2]. К основным направлениям повышения экономической эффективности отрасли относят технологические и селекционные мероприятия. Для совершенствования продуктивных качеств животных, на маточном поголовье сычевской породы использовались быки-производители голштинской породы красно-пестрой масти и их семя, поэтому в популяцию интродуцированы новые гены, специфичные для голштинов [3, 4]. Однако, следует отметить, что обильномолочная голштинская порода коров отличается требовательностью к условиям кормления и содержания, изнеженностью конституции, низкими адаптационными способностями и, как следствие, более низкой воспроизводительной способностью. Таким образом, несмотря на все достоинства голштинов, использование этой породы для совершенствования других пород должно быть лимитировано. Вопреки многочисленным исследованиям в данной области, единого мнения о доле кровности по улучшающей породе пока нет. Любая же селекционно-племенная работа определяется регулярным воспроизводством [5-7]. Воспроизводство стада один из самых кропотливых производственных процессов. Уровень удоя, кровность по улучшающей породе, метод подбора оказывают воздействие на результат улучшения воспроизводительных показателей. Данные индикаторы влияют на уровень сервис- и межотельного периодов, что сказывается на коэффициенте воспроизводительной способности и динамике воспроизводства в целом [8]. Для поддержания результативности селекционной работы следует учитывать степень инбредности животных, влияние контролируемых факторов: возраст первого отела, кратность осеменения, индекс плодовитости. Племенную работу необходимо вести с учетом практического влияния типов подбора [9-11]. Следовательно, изучение влияния гомогенного подбора на воспроизводительные качества коров сычевской породы, на сегодняшний день, остается актуальным. Цель исследований – оценить воздействие степени инбридинга, с учетом линейной принадлежности, коров сычевской породы на их воспроизводительные качества. Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

- определить показатели воспроизводительных качеств (возраст первого отела, продолжительность сервис- и индифференс-периодов) по градации степени

инбридинга и линейной принадлежности коров сычевской породы;

- определить силу влияния степени инбридинга на воспроизводительные качества коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проведены на базе лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИСХ – ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», по материалам племенного учета племрепродуктора по разведению крупного рогатого скота сычевской породы ООО «Восток» Смоленской области, с применением компьютерной программы ИАС «СЕЛЭКС» - Молочный скот (разработчик ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «Плинор»). Объектом исследования являются 437 коров сычевской породы, впервые отелившиеся в период 2013-2022 гг. Статистическая обработка количественных показателей проведена по общепринятым методикам вариационной статистики с использованием пакета компьютерной программы MS Excel – 2010. Для ретроспективного анализа взято поголовье коров сычевской породы, доля кровности по улучшающей, голштинской красно-пестрой, породе которых не превышает 25 %. Оценка воспроизводительных качеств осуществлялась по показателям возраста первого отела, продолжительности сервис-периода и индифференс-периода, в первой и максимальной лактациях, в зависимости от степени инбридинга и линейной принадлежности коров. С этой целью была осуществлена градация поголовья по степени инбридинга на пять групп: тесный, близкий, умеренный, отдаленный инбридинг и аутбредные животные. Учитывалась линейная принадлежность коров, отнесенных к линиям: Аниса 4593, Аромата 3433, Данцига 3641, Клевера 68 и Тореадора 3032. Для определения силы влияния степени инбридинга на воспроизводительные качества был проведен однофакторный дисперсионный анализ при уровне значимости p=0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Животные стада ООО «Восток», в основном, являются аутбредными (68,2 %). Маточное поголовье линий Аромата 3433 и Данцига 3641 - полностью аутбредные. Линия Аниса 4593 имеет в своем составе животных с отдаленным инбридингом (10,5 %) и аутбредных животных (89,5 %). Линия Тореадора 3032 состоит из коров, как с близкой (3,3 %), умеренной (15,1 %), так и с отдаленной (14,0 %) степенью инбридинга, однако, преимущественно, поголовье является аутбредным (67,7%). Наибольшее количество коров с высокой степенью инбридинга выявлено в линии Клевера 68 (52,5 %). Проведено исследование воздействия степени инбридинга, с учетом линейной принадлежности маточного поголовья, на возраст первого отела. Результат представлен в таблице 1.

Только в линии Тореадора 3032 родственный подбор поголовья имеет достоверное влияние на возраст первого отела. Близкородственный подбор достоверно ($p\leq0,05$) на 3,7 мес. меньше, чем у коров с умеренным инбридингом и на 5 мес. ($p\leq0,01$) с отдаленным. По всему исследованному поголовью наиболее скороспелыми являются животные аутбредного подбора, возраст первого отела у которых на 4,4 мес. достоверно ($p\leq0,001$) ниже, чем у представительниц, полученных с применением тесного инбридинга. Животные, со степенью инбридинга от близкого до отдаленного, по возрасту первого отела, между собой, существенных различий не имеют.

Сроки возобновления полового цикла после отела оказывают влияние на оплодотворяемость коров. Для определения периода времени от отела до первого осеменения, свидетельствующего о полном завершении послеродовой инволюции матки и ее готовности к осеменению, определили продолжительность индифференс-периода. Целесообразность осеменения в ранние или более поздние сроки зависит от многих факторов, в том числе от генотипа коров. Изучено влияние степени инбридинга и линейной при-

надлежности на продолжительность индифференс-периода в первой и максимальной лактациях (табл. 2).

Средние значения индифференс-периода имеют наименьшую величину в линии Аниса 4593 у аутбредного поголовья и с отдаленной степенью инбридинга. В линии Клевера 68 отмечен наименее продолжительный индифференс-период при тесном инбридинге и аутбридинге. Аутбредное поголовье линии Тореадора 3032 (максимальная лактация) характеризуется достоверно низким индифференс-периодом в сравнении с животными, полученными методом отдаленного (+17суток; $p \leq 0,05$) и умеренного (+26 суток; $p \leq 0,001$) инбридинга. При близкородственном спаривании разница данного показателя в линии между первой и максимальной лактациями составляла около 24 суток. Наиболее продолжительный индифференс-период выявлен в линии Данцига 3641 среди животных, полученных без применения родственного подбора, при этом, показатель в первой лактации превышал значение в максимальной лактации, порядка, 20 суток. Средние показатели индифференс-периода стада свидетельствуют о том, что половой цикл 58% коров возобновляется в течение 60 суток после отела, другая часть поголовья (42%) имеет по первой лактации средние показатели 101±3 суток, по максимальной 98±3, в интервале от 61 до 245 суток. Закономерной зависимости данного показателя от степени инбридинга в данном стаде не установлено.

Таблица 1 – Показатели возраста первого отела (мес.)

Степень инбридинга	Линия					итого
	Анис 4593	Аромат 3433	Данциг 3641	Клевер 68	Тореадор 3032	
тесный	-	-	-	36,25±0,86 (n=36)	-	36,25±0,86*** (n=36)
близкий	-	-	-	36,33±3,45 (n=6)	**29,67±1,22** (n=9)	32,33±1,68 (n=15)
умеренный	-	-	-	**35,5** (n=2)	33,34±0,93* (n=41)	33,44±0,89 (n=43)
отдаленный	28,9±1,75 (n=7)	-	-	-	34,68±0,94** (n=38)	33,78±0,89 (n=45)
аутбредные	**28,08±0,40** (n=60)	38,69±2,19 (n=13)	31,80±2,63 (n=5)	36,47±0,81 (n=36)	31,79±0,39 (n=184)	**31,91±0,33** (n=298)
всего	*28,16±0,39 (n=67)*	*38,69±2,19 (n=13)*	*31,80±2,63 (n=5)*	*36,34±0,57 (n=80)*	*32,36±0,33* (n=272)*	32,62±0,28 (n=437)

Примечание: здесь и далее, разность достоверна при $^{*}p \leq 0,05$; $^{**}p \leq 0,01$; $^{***}p \leq 0,01$- по сравнению с меньшим показателем в каждой линии, между аутбредными и инбредными животными

Таблица 2 – Показатели индифференс-периода (суток) по первой и максимальной лактациям в разрезе линий

Показатели	Анис 4593			Аромат 3433			Данциг 3641			Клевер 68			Тореадор 3032			% осеменений до 60 сут.
	n	сутки	1лак. макс.	n	сутки	1лак. макс.	n	сутки	1лак. макс.	n	сутки	1лак. макс.	n	сутки	1лак. макс.	
тесный	-	-		-	-		-	-		31	**55,7±3,1**		-	-		70,9
		-			-			-			59,4±3,7			-		61,3
близкий	-	-		-	-		-	-		6	89,8±25,4		5	104,2±26,7		27,3
		-			-			-			82,5±25,1			80,2±30,2		45,5
умеренный	-	-		-	-		-	-		1	79,0		38	78,6±9,0		48,7
		-			-			-			79,0			86,8±7,9***		36,8
отдаленный	7	**45,9±10,0**		-	-		-	-		-	-		35	73,5±7,3		52,4
		45,9±10,0			-			-			-			77,2±7,6*		50,0
аутбредные	55	49,3±5,3		12	77,5±13,6		4	95,3±24,9		34	59,0±4,1		169	**65,3±3,0**		59,9
		49,5±5,4			61,4±10,9			75,8±14,6			**59,3±5,1**			**60,6±2,7**		62,9
итого	62	*49,0±4,7*		12	*77,5±13,6*		4	*95,3±24,9*		72	*60,4±3,1*		247	*69,2±2,7*		*57,9*
		49,2±4,8			*61,4±10,9*			*75,8±14,6*			*61,6±3,4*			*67,1±2,6*		*58,4*

Таблица 3 – Показатели продолжительности сервис-периода (суток) по первой и максимальной лактациям в разрезе линий

Показатели	Анис 4593		Аромат 3433		Данциг 3641		Клевер 68		Тореадор 3032	
	n	1 лактация	n	1 лактация	n	1 лактация	n	1 лактация	n	1 лактация
		макс.		макс.		макс.		макс.		макс.
Тесный	-	-	-	-	-	-	34	130,5±15,3	-	-
		-		-		-		132,2±15,8		-
Близкий	-	-	-	-	-	-	5	165,6±57,9	5	162,4±58,1
		-		-		-		**115,5±33,4**		138,4±66,7
Умеренный	-	-	-	-	-	-	1	79	37	131,8±18,8
		-		-		-		79		151,8±18,2
Отдаленный	**7**	**45,9±10,0**	-	-	-	-	-	-	34	118,9±14,5
		45,9±10,0		-		-		-		160,1±16,9 *
Аутбредные	44	80,1±12,9*	11	151,6±34,1	4	95,3±24,9	36	**124,4±12,4**	156	**115,2±6,9**
		79,9±12,9		101,3±16,6		75,8±14,6		119,9±13,1		**114,3±6,9**
Итого	*51*	*75,4±11,3*	*11*	*151,6±34,1*	*4*	*95,3±24,9*	*76*	*129,2±9,5*	232	*119,1±5,9*
		75,3±11,3		*101,3±16,6*		*75,8±14,6*		*124,7±9,6*		*127,2±6,2*

Интенсификации воспроизводства стада в хозяйстве можно добиться путем сокращения интервала от отела до первой стадии возбуждения полового цикла и повышением уровня оплодотворяемости. Одной из составляющих физиологического цикла коров является сервис-период, дающий общее представление о репродуктивных качествах стада. Изучено влияние степени инбридинга на показатели сервис-периода коров с градацией по линиям (табл. 3).

Считается, что нормальным временем для следующего оплодотворения коровы является 45-60 суток от отела, этого достаточно для восстановления организма животного. Если корову не оплодотворить в течение 3 месяцев, то она переходит в разряд яловых. В ООО «Восток» сервис-период наиболее приближен к оптимальным значениям у коров из линий Аниса 4593 и Данцига 3641 (75-95 суток). У потомков линии Аромата 3433 в первой лактации выявлен наиболее продолжительный сервис-период, превышающий 150 суток. Маточное поголовье из линий Клевера 68 и Тореадора 3032 по продолжительности сервис-периода занимают промежуточное положение (119-129 суток). Определяющего влияния степени инбридинга на показатели продолжительности сервис-периода выявлено не было. Одной из причин разнообразия продолжительности сервис-периода между линиями животных могут являться различия послеродового энергетического баланса, обусловленные генетической составляющей. Данный аспект требует дополнительного изучения.

Для определения силы влияния степени инбридинга на возраст первого отела коров сычевской породы из ООО «Восток», продолжительность их индифферес-периода и сервис-периода был проведен однофакторный дисперсионный анализ при уровне значимости p=0,05 (табл. 4).

В результате проведенного анализа выявлено незначительное воздействие (до 5 %) степени инбридинга на возраст первого отела и индифференс-период коров сычевской породы в ООО «Восток».

Таблица 4 – Сила влияния степени инбридинга на воспроизводительные качества коров

Признак	Показатель					
	SS	df	MS	$F_{факт.}$	$F_{кр.}$	η^2
возраст первого отела	715,4	4	178,9	5,5	2,4	0,049
сервис-период	44697,1	4	11174,3	1,4	2,4	0,015 (не значимо)
индифференс-период	23387,3	4	5846,8	3,7	2,4	0,036

Примечание: SS- сумма квадратов отклонений, df – число степеней свободы, MS – средний квадрат отклонений (дисперсия), $F_{факт}$ –фактическое значение отношения Фишера, $F_{кр.}$ – критическое значение отношения Фишера, η^2 – сила влияния фактора.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Родственное спаривание, в основном, получило свое отражение в линии Клевера 68 (55 %). В первой лактации выявлен, при тесном инбридинге, наименьший индифференс-период, превышающий данный показатель аутбредного поголовья на 3 суток, а поголовья, полученного от близкого инбридинга на 34. Однако, длительность сервис-периода в данной линии преимущественно имеет значения превышающие 3 месяца, что переводит коров в разряд яловых. Следует отметить, что метод получения животных не оказал достоверного влияния на возраст первого отела, исключение составило только по-

головье линии Тореадора 3032. В разрезе линий, полученные в результате исследований данные: возраста первого отела, индифференс-периода и сервис-периода имеют различные показатели, существенно не зависящие от степени примененного инбридинга. Что было подтверждено величиной силы влияния (< 5 %) степени инбридинга на воспроизводительные качества коров.

Таким образом, гомогенный подбор оказал неоднозначное влияние на воспроизводительные качества коров сычевской породы и требует более углубленного изучения.

THE INFLUENCE OF HOMOGENEOUS SELECTION ON THE REPRODUCTIVE QUALITIES OF COWS OF THE BREED OF SYCHEVKA

A.S. Gerasimova* – research fellow at the Laboratory of Zootechnologys (ORCID 0000-0002-5643-1972), **D.V. Sysoinkova** – senior research fellow at the Laboratory of Zootechnologys (ORCID 0000-0001-8754-6521).

FSBRI «Federal Research Center for Bast Fiber Crops»

*kingloger@yandex.ru

Acknowledgements the Financing: The Work was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2024-0003).

ABSTRACT

A large amount of data has been accumulated indicating a decrease in the effectiveness of breeding work with dairy cattle due to significant problems with reproduction. In breeding, not only the breeding method is of particular importance, but also the method of selection, on which their reproductive ability depends. The article considers the issue of the influence of the degree of inbreeding, as an extreme form of homogeneous selection, when using the method of linear breeding of cows on their reproductive qualities. The research was carried out on the livestock of 437 cows of the breed of Sychevka, which calved for the first time in the period 2013-2022 in Vostok LLC of the Smolensk region. For a retrospective analysis, the number of cows was taken, the proportion of blood in the improving Holstein breed of which does not exceed 25 %. The values of the age of the first calving, the indifference period and the service period obtained as a result of the research do not significantly depend on the degree of inbreeding applied; however, they have different indicators in the context of linear affiliation. The largest number of livestock with a high degree of inbreeding was found in the Klever 68 line (52.5 %). The breeding stock of the Aromat 3433 lines and Danzig 3641 are completely out breed. Only in the Toreador 3032 line, the livestock obtained using closely related selection has a significantly low age of the first calving (29.7 months). Throughout the studied livestock, the most precocious animals are out breeding selection. One of the lowest age of the first calving in cows from the line Anis 4593, obtained without the use of inbreeding (28.1 months). The average values of the herd's indifference period in Vostok LLC indicate that the sexual cycle of 58 % of cows resumes within 60 days after calving. The service period of animals in Vostok LLC is closest to the optimal values for cows from the Anis 4593 and Danzig 3641 lines (46–95 days) with remote inbreeding and out breeding selection. In the descendants of the Klever 68 line, with closely related selection, the longest service period exceeding 165 days was revealed in the first lactation. The share of the influence of the degree of inbreeding on the age of the first calving and the indifferent period of cows of the Sychevka breed in an agricultural enterprise does not exceed 5 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов В.М., Ревина Г.Б. Репродуктивные особенности разведения сахалинской популяции голштинской породы: Монография – Чебоксары: Издательский

дом «Среда», 2023. – 112 с.
2 Иванова И.П., Григорьев М.Е., Пилипчук В.К. Репродуктивные качества и продолжительность использования коров при кроссах линий // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 7. – С. 100-104.
3. Баутина О.В., Сивкин Н.В., Коваленко Н.А. Эволюция стада скота черно-пестрой породы по эффективности использования при беспривязном содержании коров // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Том 36. – № 9. – С.70-74.
4. Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И., Русанова С.А. Иммуногенетический мониторинг линий сычевской породы крупного рогатого скота // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 6. – С. 60-65.
5. Смирнова Ю.М., Платонов А.В. Влияние генотипа на долголетие и пожизненную продуктивность коров // Агрозоотехника. – 2019. – Том 2. – № 3.– С. 1-10.
6 Лепёхина Т.В., Бакай А.В., Бакай., Ф.Р. Высокопродуктивное племенное стадо голштинской породы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №4. – С.54-58.
7. Мехтиева К.С., Бакай Ф.Р., Кровикова А.Н. Оценка репродуктивных качеств у коров черно-пестрой породы разных генераций // Теория и практика современной науки. – 2020. – № 11(65). – С. 105-108.
8. Герасимова А.С., Татуева О.В., Прищеп Е.А., Колцов Д.Н., Цысь В.И. Воспроизводительные особенности коров бурой швицкой породы в зависимости от генотипа и молочной продуктивности // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 4. – С. 59-61.
9. Прищеп Е.А., Леутина Д.В., Герасимова А.С. Влияние контролируемых изменяющихся факторов на воспроизводительную способность коров-первотелок сычевской породы // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 2. – С. 117-122.
10. Герасимова А.С., Прищеп Е.А., Леутина Д.В. Влияние типов подбора и степени инбридинга на продуктивные качества в селекции молочного скота племзавода «Рыбковский» // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 2(83). – С. 45-50.
11. Charlesworth, D. The genetics of inbreeding depression / D. Charlesworth, J.H. Willis // Nature Reviews Genetics. – 2009. – №10. – С. 783- 796.

REFERENCES

1. Kuznetsov V.M., Revina G.B. Reproductive features of breeding the Sakhalin population of the Holstein breed: Monograph – Cheboksary: Publishing house "Wednesday", 2023. – 112 p.
2. Ivanova I.P, Grigoriev M. E., Pilipchuk V. K. Reproductive qualities and duration of use of cows at line crossings // Bulletin of KrasGAU. – 2020. – No. 7. – pp. 100-104.
3. Bautina O.V., Sivkin N.V., Kovalenko N.A. Evolution of a Herd of black-and-white cattle in terms of efficiency of use with loose cows // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2022. – Volume 36. – No. 9 – pp.70-74.
4. Gontov M.E., Koltsov D.N., Dmitrieva V.I., Rusanova S.A. Immunogenetic monitoring of lines of the Sychevskaya breed of cattle // Agrarian scientific journal. – 2022. – No. 6. – pp. 60-65
5. Smirnova Yu. M., Platonov A.V. The influence of the genotype on longevity and lifelong productivity of cows // Agrozootechnika. – 2019. – Volume 2. – No. 3. –. pp. 1-10.
6. Lepekhina T.V., Bakai A.V., Bakai F.R. Highly productive breeding herd of Holstein breed // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2020. – No.4. – pp.54-58.
7. Mehdiyeva K.S., Bakai F.R., Krovikova A.N. Assessment of reproductive qualities in black-and-white cows of different generations // Theory and practice of modern science. – 2020. – No. 11(65) – pp. 105-108.
8. Gerasimova A.S., Tatueva O.V., Prishchep E.A., Koltsov D.N., Tsys V.I. Reproductive characteristics of Brown Swiss cows depending on the genotype and milk productivity // Bulletin of the Russian Agricultural Science. – 2018. – No. 4. – pp. 59-61.
9. Prishchep E.A., Leutina D.V., Gerasimova A.S. The influence of controlled changing factors on the reproductive ability of first-calf cows of the Sychevskaya breed // International Bulletin of Veterinary Medicine. –

2022. – No. 2. – pp. 117-122.
10. Gerasimova A.S., Prishchep E.A., Leutina D.V. The influence of the types of selection and the degree of inbreeding on productive qualities in the breeding of dairy cattle of the Rybkovsky stud farm // Bulletin of Agrarian Science. – 2020. – No. 2(83). – pp. 45-50.
11. Charlesworth, D. The genetics of inbreeding depression / D. Charlesworth, J.H. Willis // Nature Reviews Genetics. – 2009. – №10. – С. 783- 796.

УДК: 636.082.2:636.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.343

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА *IGF-1* В ПОГОЛОВЬЕ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ И БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Сафина Н.Ю.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1184-3188); **Муханина Е.Н.** – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9299-2104); **Шакиров Ш.К.** – д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-3362-0463); **Гайнутдинова Э.Р.** – асп., науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2970-1500); **Вологин Д.С.** – асп., мл. науч.сотр. (ORCID 0009-0009-7473-7893)

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
ФИЦ КазНЦ РАН

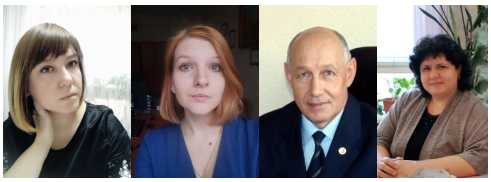
*natysafina@gmail.com

Ключевые слова: *ген, аллель, полиморфизм, IGF-1, инсулиноподобный фактор роста-1, скот, удой, мясная продуктивность, воспроизводство*

Key words: *gene, allele, polymorphism, IGF-1, insulin-like growth factor 1, cattle, yield, meat productivity, reproductive ability*

Финансирование: **Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокоценных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологической и функциональной продукции.*

Поступила: 25.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1), секретируемый в печени, является одним из основных элементов соматотропной оси, вовлечен в многочисленные физиологические процессы, играет роль в контроле лактации, развитии молочной железы и формировании таких важных признаков продуктивности, как рост и репродуктивные качества. Ассоциации полиморфизма гена *IGF-1* (T → C 512) изучены и оценены с хозяйственно-полезными признаками у различных пород крупного рогатого скота молочного и мясного направления продуктивности. Исследование, проведенное на поголовье голштинских коров и голштинских, и голштинизированных быков-производителей, позволило установить, что идентифицированные популяции полиморфны, животные представлены тремя генотипами гена *IGF-1*. Частота встречаемости генотипов гена *IGF-1* в поголовье коров составила: *AA* – 24,7 %, *AB* и *BB* – 55,6 и 27,3 %, а у быков-производителей: *AA* – 31,3 %, *AB* – 49,9 % и *BB* – 19,4 %. В обоих случаях наблюдается преобладание «нормального» аллеля над «мутантным», причем в группе быков-производителей аллель *A* превалирует

над аллелем *B* в большей степени. Проведенный анализ литературных данных указывает на то, что частота встречаемости аллелей (*A* и *B*) и генотипов (*AA, AB* и *BB*) в популяциях демонстрирует вариативность в зависимости от породы, направления продуктивности и ареала обитания скота.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Инсулиноподобный фактор роста-1 является одним из основных элементов соматотропной оси. Он секретируется клетками печени в ответ на действие гормона роста (GH) через его рецептор (GHR), функционирует как фундаментальный фактор роста в многочисленных физиологических процессах, включая воспроизводство, развитие плода, скорость роста и набор живой массы. *IGF-1* прямо или косвенно участвует в проявлении эффекта гормона роста [2, 5], а так же оказывает влияние на фертильные качества самок млекопитающих, поскольку он регулирует функцию яичников, развитие фолликулов, созревание ооцитов и предимплантационные эмбрионы [8, 12]. Кроме того, IGF-1 ингибирует атрезию фолликулов [13], а также играет важную роль в контроле лактации и развитии молочной железы [17].

Ген *IGF-1*, кодирующий гормон инсулиноподобного фактора роста-1, расположен на хромосоме 5 (*BTA5*) в нуклеотидных позициях 66532877–66604734 (UMD_3.1, Chromosome, *Bos taurus*, Ensembl), его нуклеотидная последовательность составляет около 72 кб (ID номер 281239) [7].

Согласно опубликованным исследованиям, ген *IGF-1* является предполагаемым генетическим маркером репродуктивных признаков самок животных. Переход T (аллель *A*) в C (аллель *B*) идентифицирован в позиции 512 п.о. в 5′ к 1 кодону (ATG) 1 экзона регуляторной области гена *IGF-1* – наиболее изученный полиморфизм, связываемый с воспроизводительными качествами у коров. Установлено, что генотип *AA* гена *IGF-1* положительно влияет на интервал от отела до начала лютеиновой активности и восстановление функций яичников после отела у коров [18]. Ряд исследований указывает на то, что полиморфизм гена *IFG-1* ассоциирован с интервалом от отела до первого оплодотворения у голштинских первотелок, продолжительностью сервис-периода, началом охоты после первого отела и кратностью осеменений на результативное оплодотворение [20]. Ген *IGF-1* рассматривался как маркер для возможного генетического контроля рождения двойни и многоплодных родов у млекопитающих [7].

Y. Wang et al. (2003) сообщили, что *bovine IGF-1* имеет 6 экзонов, отвечающих за экспрессию гетерогенной мРНК [23]. Благодаря своей биологической функции, ген *IGF-1* считается геном-кандидатом для прогнозирования показателей роста и качества мяса в программах разведения по генетическому улучшению сельскохозяйственных животных. После оценки влияния ассоциации полиморфизма (T → C 512) с характеристиками роста и динамикой живой массы у ангусского скота ген *IGF-1* был признан потенциальным молекулярным маркером, связанным с увеличением живой массы [12, 19]. По показателям убойных качеств было установлено, что полиморфный вариант гена *IGF-1* положительно связан с массой туши при убое, массой охлажденной туши, а также массой мяса и жира в ценных отрубах [19]. X.F. De La Rosa и др. (2010) изучили мексиканские популяции крупного рогатого скота мясных пород и кроссов и обнаружили ассоциацию SNP (T → C 512) гена *IGF-1* с тремя признаками роста у породы Шароле: живой массой при отъеме; массой при отъеме, скорректированной на 210 дней; приростом живой массы до отъема. [11]. Некоторые данные указывают на то, что оцененные в разрезе полиморфизма гена *IGF-1* животные, имеющие генотип *BB*, потребляли меньше сухого вещества, сырого протеина и энергии на 1 кг прироста живой массы, чем животные иных генотипов [19].

Исследователи молочных пород крупного рогатого скота утверждают, что существует взаимосвязь полиморфных ва-

риантов гена *IGF-1* с удоем, а также содержанием массовой доли жира и белка в молоке [4, 8, 24]. Из опубликованных результатов следует, что коровы, несущие в локусе гена *IGF-1* генотип *AB*, характеризовались более высокими среднесуточными удоями, повышенным выходом молочного жира и молочного белка, по сравнению с особями генотипов *AA* и *BB* [19]. Другие сведения предполагают, что коровы, имеющие генотип *BB* гена *IGF-1*, должны быть предпочтительными при отборе при селекции на улучшение признаков, связанных с производством молока [21]. Результаты, представленные Y. Mehmannavaz и др. (2010) показали, что генетические варианты в 5'-UTR области гена *IGF-1* крупного рогатого скота оказали заметное влияние на оценочную племенную ценность по молочной продуктивности и выходу жира у гетерозиготных быков голштинской породы иранской селекции [16].

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что ген *IGF-1* может быть использован в качестве генетического маркера в улучшении генетического потенциала крупного рогатого скота и может применяться в программах селекции, направленных на повышение мясной, молочной продуктивности, качества молока и воспроизводительных качеств.

Целью работы являлось изучение полиморфизма гена *IGF-1* в популяции голштинских коров и быков-производителей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводилось на популяции коров голштинской породы СХПК «Племзавод им. Ленина» Атнинского района и поголовье голштинских и голштинизированных быков-производителей АО «ГПП «Элита» Высокогорского района Республики Татарстан. Все животные в период проведения опыта содержались в равных условиях окружающей среды на стандартном рационе, должном уходе, при нормальном ветеринарном и технологическом облуживании, в хозяйствах благополучных по инфекционным и инвазионным заболеваниям. В ходе эксперимента был отобран биологический материал от 288 коров и 67 быков в вакуумные пробирки К-3 (APEXLAB, Китай), содержащие коагулянт EDTA, из хвостовой вены животных. ДНК крупного рогатого скота, экстрагированная из проб крови готовым набором «Ампли Сенс» ДНК-Сорб-В по методике изготовителя (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия), была протестирована методом ПЦР-ПДРФ в лаборатории отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных Татарского НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН.

В работе оценивался полиморфизм (SNP), обусловленный переходом T→C в позиции -472 в 5'-некодирующей области в гене инсулиноподобного фактора роста-1 (*IGF-1*), впервые описанный W. Ge и др. (2001) у ангусского крупного рогатого скота, идентифицированный методом SSCP (одноцепочечный конформационный полиморфизм) [12]. В нашей работе для генотипирования методом ПЦР-ПДРФ [7] применялись маркеры (Евроген, Россия) (табл. 1), разработанные A. Anggraeni и др. (2017) [7].

Исследуемая мутация находится в позиции 512 п.о. относительно первого кодона первого экзона гена, что соответствует промоторной области P1. Замена T → C(AF210383, GenBank) создает сайт рестрикции (TAC↑GTA), соответствующий эндонуклеазой рестрикции BstSN I (СибЭнзим, Россия) (табл. 2).

В состав реакционной смеси для ПЦР, кроме ДНК крупного рогатого скота и заявленных праймеров, входили так же: смесь dNTPs, Taq-полимераза с поставляемым буфером и dH_2O (СибЭнзим, Россия). Амплификацию проводили в программируемом термоциклере «T100» (BIO-RAD, США) при следующих режимах: предварительная денатурация 5 мин. при 95 °C; 33 цикла: денатурация 30 сек. при 94 °C, отжиг 30 сек. при 62 °C, элонгация 30 сек. при 72 ; финальная элонгация 5 мин. при 72 °C.

Накопленный ПЦР-продукт составил 249 п.о. Последующий гидролиз продукта ПЦР эндонуклеазой рестрикции BstSN I

привел к получению двух фрагметов ДНК (223 и 26 п.о.) для гомозиготы АА и трех фрагметов (249, 223 и 26 п.о.) для гетерозиготы АВ, у гомозиготных ВВ животных, фрагмент остался нерасщепленным рестриктазой.

Частоту отдельных аллелей определяли по формуле Е.К. Меркурьевой (1977), долю генотипов по рекомендациям Е.К. Меркурьевой и Г.Н. Шангина-Березовского (1983), генетическое равновесие согласно закону Харди-Вайнберга и критерию хи-квадрат. Мера информационного полиморфизма для биаллельных маркеров (PIC) гена IGF-1 рассчитывалась по формуле, предложенной J. De Raik и др. (2001) [9], оценку избытка гетерозигот, или коэффициент Селендера (D) проводили по методике M. Nei (1973).

Таблица 1 – Праймеры для полимеразной цепной реакции

Ген	Олигонуклеотидная последовательность праймеров	п.о.
IGF-1 (*T* → *C* 512)	IGF-1 F: 5′ – CCTCTGCGGGGCTGAGTTGGT –3′, IGF-1 R: 5′– CGACTTGGCGGGCTTGAGAGGC – 3′	249

Таблица 2 – Фрагменты, получаемые в ходе ПЦР-ПДРФ-анализа

Изучаемый полиморфизм	ПЦР-фрагмент	Эндонуклеаза рестрикции	Сайт узнавания	ПДРФ-фрагменты генотипов
IGF-1(A/B)	249	*BstSN I* (37 °С, 2 ч.)	TAC↑GTA / ATG↓CAT	*AA – 223, 26* *AB – 249, 223, 26* *BB – 249*

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

По данным детекции, на основе сочетания фрагментов, были выявлены аллели и генотипы гена *IGF-1* в популяции дойных коров (рис. 1, табл. 3) и быков-производителей (табл. 4) Республики Татарстан.

В поголовье коров и быков-производителей РТ идентифицировано по 2 аллеля и 3 генотипа гена *IGF-1*, что свидетельствует о наличии генетического биоразнообразия в исследуемых популяциях.

Установленное распределение аллелей гена *IGF-1* (*A* – 0,524 и *B* – 0,476) характеризует популяцию коров, в большей степени, как носителей «нормального» аллеля. В изучаемом поголовье быков-производителей так же наблюдается преобладание «нормального» аллеля над «мутантным» (*A* – 0,560 и *B* – 0,440), но аллель *A* превалирует над аллелем *B* в большей степени.

В ожидаемом распределении генотипов у коров отмечен статистически незначимый сдвиг в сторону нарастания гомозиготности. Вероятно, что это смещение генетического равновесия образуется вследствие того, что исследуемая популяция не является панмиктической, и осеменение коров производят закупной спермопродукцией от быков-производителей как Республики Татарстан, так и других субъектов Российской Федерации, а также у зарубежных фирм-поставщиков биологического материала. По локусу гена *IGF-1-BstSNI* в исследуемой популяции коров зафиксирован избыток гетерозигот (*D* - 11,4 %) и умеренный полиморфизм (*PIC* 0,50).

В процессе генотипирования коров на выявление SNP (512 T → C) для гена *IGF-1* частота встречаемости генотипов получила следующее соотношение: *AA* – 24,7 %, *AB* и *BB* – 55,6 и 27,3 % соответственно. По методу хи-квадрат сопоставили ожидаемое и реальное число коров по каждому генотипу и произвели расчеты, получили значение равное 3,73. Исходя из того, что значение χ^2 незначительно

ниже $\chi^2_{крит(0,05)} = 5,99$, мы можем наблюдать смещение в сторону увеличения доли гетерозиготных животных. Тем не менее, генетическое равновесие, согласно закону Харди-Вайнберга, в данной популяции не нарушено.

Анализ результатов ДНК-тестирования поголовья быков-производителей Республики Татарстан, указывает на то, что в разрезе исследуемого гена *IGF-1* наблюдается незначительное нарастание гетерозиготности в ожидаемом распределении. Зафиксированное нами распределение генотипов *AA*, *AB* и *BB* составило 31,3 %, 49,3 и 19,4 % соответственно. Данные, полученные ранее Р.Р. Вафиным и др. (2017) в ходе тестирования быков-производителей по гену *IGF-1*, позволили установить, что доминирующее число особей являются носителями гетерозиготного генотипа *AB*, промежуточное значение у быков *BB*-типа, а минимальное количество – представители гомозиготного генотипа *AA* [2].

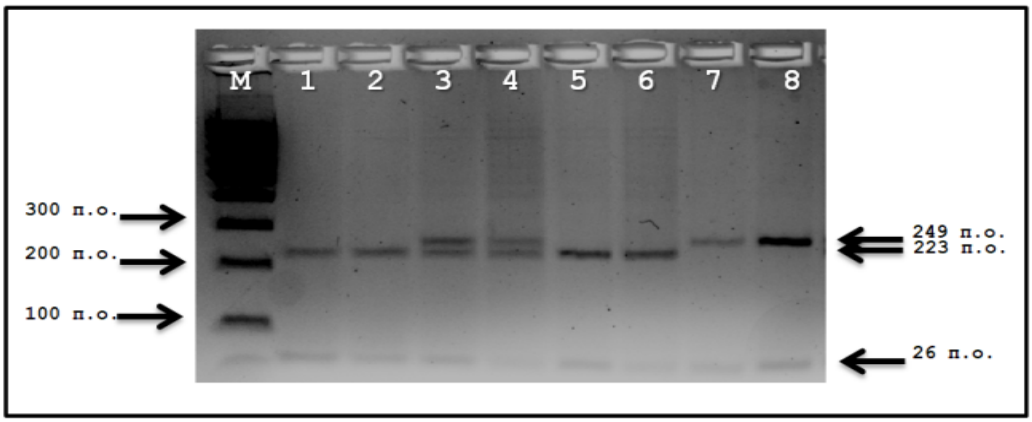


Рисунок 1 – Электрофореграмма в агарозном геле продуктов ПЦР-ПДРФ по локусу гена IGF-1/BstSN I. М – маркер (50-1000 п.о.), 1, 2, 5, 6 – генотип АА; 3, 4 – генотип АВ; 7, 8 – генотип ВВ.

Таблица 3 – Частота встречаемости аллелей и генотипов гена *IGF-1* в популяции опытных коров голштинской породы

Ген	N	Генотип						Аллель		χ^{2*}	*D***	*PIC****
		n	%	n	%	n	%					
		AA		*AB*		*BB*		*A*	*B*			
IGF-1	288	71	24,7	160	55,6	57	19,8	0,524	0,476	3,73	-0,114 (-11,4%)	0,50
		79	27,5	144	49,9	65	22,6					

*Примечание (здесь и далее): *$\chi^2_{крит}$ (0,05) = 5,99; **D – коэффициент Селендера; ***PIC – мера информационного полиморфизма (PIC < 0,25 - слабый полиморфизм, 0,25 < PIC < 0,50 - умеренный полиморфизм, PIC > 0,50 - сильный полиморфизм)*

Таблица 4 – Частота встречаемости аллелей и генотипов гена *IGF-1* у быков-производителей ГПП «Элита»

Ген	N	Генотип						Аллель		χ^2	*D*	*PIC*
		n	%	n	%	n	%					
		AA		*AB*		*BB*		*A*	*B*			
IGF-1	67	22	32,8	31	46,3	14	20,9	0,560	0,440	0,26	0,061 (6,1%)	0,81
		21	31,3	33	49,3	13	19,4					

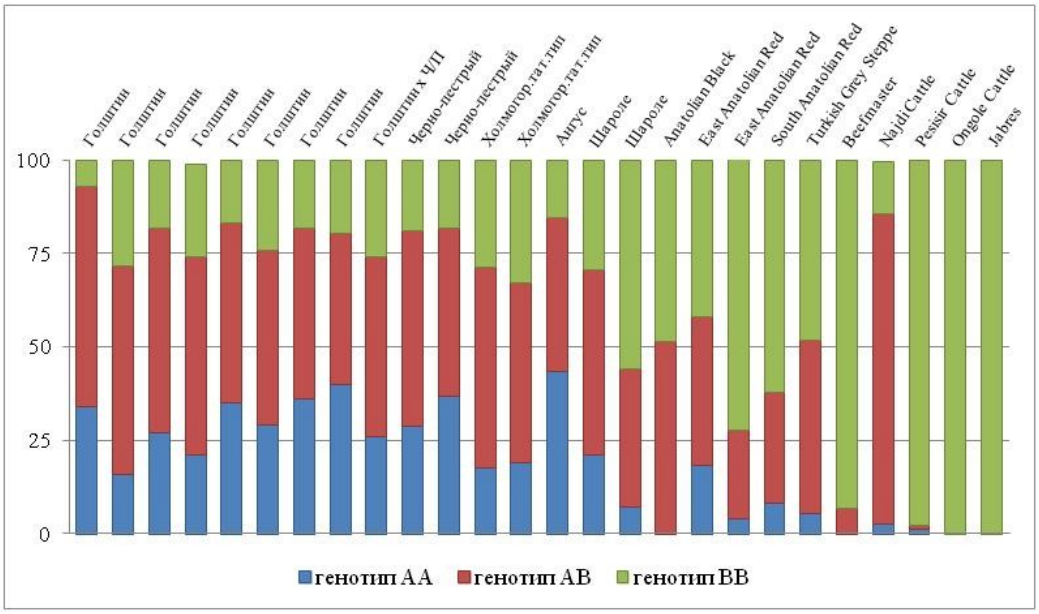


Рисунок 2 – Генетическая структура мировых популяций различных пород крупного рогатого скота по гену IGF-1, %

Критерий χ^2 (0,26) в поголовье быков значительно ниже критического уровня, что свидетельствует о наблюдаемом генетическом равновесии согласно закону Харди-Вайнберга по гену *IGF-1*. Коэффициент Селендера (*D* 6,1 %) указывает на незначительный дефицит гетерозигот в оцениваемом поголовье быков-производителей, а *PIC* равный 0,81 – на сильный уровень полиморфизма.

Нужно отметить, что анализ отечественной и иностранной литературы показал, что не во всех изученных популяциях установлено 2 аллеля и 3 генотипа (рис. 2). Вариативность распределения гетерозиготного и гомозиготных генотипов в популяциях, рассматриваемых авторами, весьма разнообразна.

Две популяции – поголовье аборегенной породы Ongole cattle и помесного стада Jabres (Jawa-Brebes cattle), идентифицированы, как мономорфные по гену *IGF-1*, всё их поголовье представлено носителями генотипа *BB* – 100,0 % [7, 14]. В генетической структуре мясного скота Beefmaster в Мексике и поголовья турецкого Anatolian Black так же не установлены животные с генотипом *AA* [10, 11]. Незначительная часть индонезийского скота Pesisir cattle имеют генотипы *AA* и

AB (по 1,1 %), и 97,8 % - генотип *BB* [26]. Животные с подавляющим количеством генотипа *BB* в структуре популяции установлены в турецких стадах пород East Anatolian Red (72,8 и 42,0 %), South Anatolian Red (62,0 %), Turkish Grey Steppe (48,2 %) и у мексиканского Шароле (55,8 %) [6, 10, 11].

Количественное превосходство генотипа *AA* гена *IGF-1* у животных различных пород и ареалов в распределении встречается лишь однажды у ангусского скота (43,3 %), и его превалирование незначительно – 2,0 % над гетерозиготным генотипом *AB* и 27,9 % над генотипом *BB* [12].

Однако довольно значительный пул исследовательских работ по изучению полиморфизма (T → C 512) гена *IGF-1* имеет в процентном соотношении генотипов сходную с полученной нами генетическую структуру популяций, где тенденция в распределении выглядит следующим образом: *AB* > *AA* > *BB*. В основном, среди анализируемого поголовья с аналогичной частотой встречаемости генотипов попадались популяции голштинской [1, 15, 18-21], черно-пестрой пород [1, 22] и их помесей [19, 24].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Исследования двух популяций крупного рогатого скота Республики Татарстан показало, что поголовье голштинских коров и быков-производителей проявляют высокую степень генетического биоразнообразия и представлены всеми аллелями и генотипами гена *IGF-1*. Проведенный анализ литературных данных указывает на то, что частота встречаемости аллелей и генотипов в популяциях демонстрирует вариативность в зависимости от породы, направления продуктивности и ареала обитания скота.

IGF-1 GENE POLYMORPHISM IN THE POPULATION OF HOLSTEIN COWS AND BULLS-SIRES

Safina N.Yu. * – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0003-1184-3188); **Mukhanina E.N.** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0001-9299-2104); **Shakirov Sh.K.** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-3362-0463); **Gainutdinova E.R.** – Graduate student, Researcher (ORCID 0000-0002-2970-1500); **Vologin D.S.** – Graduate student, Junior Researcher (ORCID 0009-0009-7473-7893)

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences

*natysafina@gmail.com

Financing: *Improving complex domestic technologies of selection, crop production and livestock production on the basis of identification of high-value genotypes, molecular genetic methods, biotechnologies, design of adaptive and highly productive agrobiocenoses and agroecosystems for the production of ecological and functional products.*

ABSTRACT

Insulin-like growth factor-1 (IGF-1), secreted in the liver, is one of the major elements of the somatotropic axis, is involved in numerous physiological processes, and plays a role in the control of lactation, mammary gland development, and the formation of important performance traits such as growth and reproductive traits. The associations of *IGF-1* gene polymorphism (T → C 512) have been studied and evaluated with economically useful traits in different breeds of dairy and beef cattle. The study carried out on the population of Holstein cows and Holstein and Holsteinized bulls-sires allowed to establish that the identified populations are polymorphic, the animals are represented by three genotypes of *IGF-1* gene. The frequency of occurrence of *IGF-1* gene genotypes in the cow population amounted to: *AA* - 24.7 %, *AB* and *BB* - 55.6 and 27.3 %, and in bulls-sires: *AA* – 31.3 %, *AB* – 49.3 % and *BB* – 19.4 %. In both cases, the predominance of the “normal” allele over the “mutant” allele was observed, with the *A* allele prevailing over the *B* allele to a greater extent in the group of breeding bulls. The

analysis of literature data indicates that the frequency of alleles (*A* and *B*) and genotypes (*AA*, *AB* and *BB*) in populations shows variation depending on breed, direction of productivity and habitat of cattle.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белая, Е.В., Михайлова М.Е. SnaBI-Полиморфизм гена инсулиноподобного фактора роста (bIGF-I) у крупного рогатого скота / Е.В. Белая, М.Е. Михайлова // Молекулярная и прикладная генетика. 2008. – Том 8. – С. 153-159.
2. Вафин, Р.Р. Полиморфизм генов соматотропин-рилизинг-гормона и инсулиноподобного фактора роста у быков-производителей Республики Татарстан / Р.Р. Вафин, С.В. Тюлькин, Л.Р. Загидуллин и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. № 4. – С. 75-78.
3. Гайнутдинова, Э.Р. Совместимость молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров-первотелок голштинской породы / Э.Р. Гайнутдинова, Н.Ю. Сафина, Ш.К. Шакиров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. № 2 (58). – С. 5–9.
4. Загидуллин Л.Р. Молочная продуктивность и качество молока коров с разными генотипами по гену IGF1 / Л.Р. Загидуллин, И.Ю. Гилемханов, Т.М. Ахметов и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (67). – С. 135-139.
5. Сафина Н.Ю. Характеристика молочной продуктивности коров-первотелок с разными генотипами соматотропина (GH) / Н. Ю. Сафина, И. Ю. Гилемханов, Ф. Ф. Зиннатова, Ш. К. Шакиров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3 (54). – С. 58-61. DOI: 10.12737/article_5db9535ed384a3.87060395
6. Akis, I. IGF-1 and IGF-1R gene polymorphisms in East Anatolian Red and South Anatolian Red cattle breeds / I. Akis, K. Oztabak, I. Gonulalp et al. // Russian Journal of Genetics. – 2010. – Vol. 46, No. 4. – P. 439-442. DOI: 10.1134/s1022795410040083
7. Anggraeni, A. Polimerfisme genetik dari gen IGF1, GH dan OPN pada persilangan sapi PO berdasarkan tipe kelahiran di Jawa Tengah / A. Anggraeni, C. Talib, S.A. Asmarasari et al. // JITV. – 2017. – Vol. 22(4). – P. 165-172. DOI: 10.14334/jitv.v22i4.1625
8. Arslan, K. Investigation of the promoter polymorphisms of the growth hormone (GH1), growth hormone receptor (GHR), insulin-like growth factor (IGF-I), and prolactin (PRL) genes and the correlation between gene expression and milk yields in Holstein cattle raised in Central Anatolia / K. Arslan, S. Taheri, E.F. Şener et al. // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences: – 2016. – Vol. 40(5). – Arti. 13. DOI: 10.3906/vet-1510-66
9. De Riek, J. AFLP based alternatives for the assessment of distinctness, uniformity and stability of sugar beet varieties / J. De Riek, E. Calsyn, I. Everaert et al. // Theor. Appl. Genet. – 2001. – 103. – P. 1254–1265. DOI: 10.1007/s001220100710
10. Çobanoğlu, Ö. and Ardiçli S. Genetic variation at the OLR1, ANXA9, MYF5, LTF, IGF1, LGB, CSN3, PIT1, MBL1, CACNA2D1, and ABCG2 loci in Turkish Grey Steppe, Anatolian Black, and East Anatolian Red cattle / Ö. Çobanoğlu, S. Ardiçli // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. – 2022. – Vol. 46(3). – P. 494-504. DOI: 10.55730/1300-0128.4198
11. De la Rosa Reyna X.F. Polymorphisms in the IGF1 gene and their effect on growth traits in Mexican beef cattle / X.F. De la Rosa Reyna, H.M. Montoya, V.V. Castrellón et al. // Genetics and Molecular Research. – 2010. – Vol. 9(2). – P. 875-883
12. Ge, W. Association of a genetic marker with blood serum insulin-like growth factor-I concentration and growth traits in Angus cattle / W. Ge, M.E. Davis, H.C. Hines et al. // J. Anim. Sci. – 2001. – Vol. 79. – P. 1757–1762
13. Han, Y. IGF-1 inhibits apoptosis of porcine primary granulosa cell by targeting degradation of BimEL / Y. Han, S. Wang, Y. Wang and S. Zeng, // Int. J. Mol. Sci. – 2019. – Vol. 20(21):5356. DOI: 10.3390/ijms20215356
14. Hartanto, S. Characterization of polymorphisms in the follicle-stimulating hormone

receptor and insulin-like growth factor-1 genes and their association with fertility traits in Jawa-Brebes cows / S. Hartanto, A. Budiyanto, R. Widayanti et al. // Veterinary World. – 2023. – Vol. 16(4). – P. 711–716. DOI: 10.14202/vetworld.2023.711-716
15. Hax, L.T. Association between polymorphisms in somatotropic axis genes and fertility of Holstein dairy cows / L.T. Hax, A.Schneider, C.B. Jacometo et al. // Theriogenology. – 2017. – Vol. 88. – P. 67–72. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.03.044
16. Mehmannavaz, Y. Association of IGF-1 gene polymorphism with milk production traits and paternal genetic trends in Iranian Holstein bulls / Y. Mehmannavaz, C. Amirinia, M. Bonyadi, R. Vaez Torshizi // African Journal of Microbiology Research. – 2010. – Vol. 4(1). – P. 110-114.
17. Mullen, M.P. Single nucleotide polymorphisms in the growth hormone and insulin-like growth factor-1 genes are associated with milk production, body condition score and fertility traits in dairy cows / M.P. Mullen, C.O. Lynch, S.M. Waters et al. // GMR. – 2011. – Vol. 10. – P. 1819-1830.
18. Nicolini, P. A polymorphism in the insulin-like growth factor 1 gene is associated with postpartum resumption of ovarian cyclicity in Holstein-Friesian cows under grazing conditions / P. Nicolini, M. Carriquiry, A. Meikle // Acta Veterinaria Scandinavica. – 2013. – Vol. 55(1):11. DOI: 10.1186/1751-0147-55-11
19. Siadkowska, E. Effect of polymorphism in IGF-1 gene on production traits in Polish Holstein-Friesian cattle / E. Siadkowska, L. Zwierzchowski, J. Oprządek et al. // Animal Science Papers and Reports. – 2006. – Vol. 24(3). – P. 225-237
20. Silveira, P.A.S. Association of polymorphisms in the IGF-I, GHR and STAT5A genes with serum IGF-I concentration and reproductive performance of Holstein dairy cows / P.A.S. Silveira, W.R. Butler, T.C. da Silva et al. // Animal Reproduction Science. – 2019. – Vol. 211. –Art. 10620. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2019.106206
21. Szewczuk, M. Association of insulin-like growth factor I gene polymorphisms (IGF1/TasI and IGF1/SnaBI) with the growth and subsequent milk yield of Polish Holstein-Friesian heifers / M. Szewczuk, M. Bajurna, S. Zych, W. Kruszyński // Czech J. Anim. Sci. 2013. – Vol.58 (9). – P. 404-411
22. Ulyanov, V.A. Preferred and undesirable genotypes of bGH and bIGF-1 genes for the milk yield and quality of black-and-white breed / V.A. Ulyanov, B.Z. Kubekova, I.S. Beishova et al. // Veterinary World. – 2021. – Vol. 14(5). – P. 1202-1209. DOI: 10.14202/vetworld.2021.1202-1209
23. Wang, Y., Price, S. E., and Jiang, H. Cloning and characterization of the bovine class 1 and class 2 insulin-like growth factor -I mRNAs / Y. Wang, S.E. Price, H Jiang // Domest. Anim. Endocrinol. – 2003. – 25. – 315–328. DOI: 10.1016/j.domaniend.2003.06.001
24. Wasielewska, M. and Szatkowska I. Possible relationship between IGF-1/SnaBI genotypes and milk yield of Holstein-Friesian cows / M. Wasielewska, I. Szatkowska // Animal Science and Genetics. – 2019. – Vol. 15(4). – P. 35-41. DOI: 10.5604/01.3001.0013.6365
25. Yazdanpanah, A.A. Polymorphism of insulin-like growth factor 1 gene in Najdi cattle populations / A.A. Yazdanpanah, H. Roshanfekr, K. Mirzadeh et al. // American Journal of Biochemistry and Biotechnology. – 2013. – No 9. – P. 300-306. DOI:10.3844/ajbbsp.2013.300.306
26. Yurnalis S. Polymorphism of Insulin-like Growth Factor 1 Gene (IGF1/TasI, IGF1/SnaBI, IGF1/RsaI) and the Association with Daily Gain of Pesisir Cattle Local Breed from West Sumatera, Indonesia / Yurnalis, Arnim, D.E. Putra // Pak J Biol Sci. – 2017. – 20(4). – P. 210-216. DOI: 10.3923/pjbs.2017.210.216.

REFERENCES

1. Belaya E.V., Mikhailova M.E. SnaBI-Polymorphism of the gene for insulin-like growth factor (bIGF-I) in cattle // Molecular and applied genetics. 2008. 8:153-159.
2. Vafin R.R., Tulkin S.V., Zagidullin L.R., Muratova A.V., Akhmetov T.M., Zinnatova F.F., Ravilov R. Polymorphism of genes of growth hormone-releasing hormone and insulin-like growth factor in bulls of the Re-

public of Tatarstan // Achievements of science and technology of agroindustrial complex. 2017. 31(4):75-78.
3. Gaynutdinova E.R., Safina N.Yu., Shakirov Sh.K. Compatibility of dairy productivity and reproductive capacity of Holstein breed cows // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2020. T 15. Vol 2(58):5-9.
4. Zagidullin L.R., Gilemhanov I.Y., Akhmetov T.M., Shaidullin R.R., Tyulkin S.V. Milk productivity and milk quality of cows with different genotypes by the IGF1 gene // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2021. 4 (67):135-139
5. Safina N.Yu., Gilemhanov I.Y., Zinnatova F.F., Shakirov Sh.K. Characteristic of milk productivity of cows-heifers with different genotypes of somatotropin (GH) // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2019. T 14. Vol 3(54): 58-61. DOI: 10.12737/
article_5db9535ed384a3.87060395
6. Akis I., Oztabak K., Gonulalp I., Mengi A., Un C. IGF-1 and IGF-1R gene polymorphisms in East Anatolian Red and South Anatolian Red cattle breeds // Russian Journal of Genetics. 2010. 46(4):439-442. DOI: 10.1134/s1022795410040083
7. Anggraeni A. Talib C., Asmarasari S.A., Herawati T., Andreas E. Polimerfisme genetik dari gen IGF1, GH dan OPN pada persilangan sapi PO berdasarkan tipe kelahiran di Jawa Tengah // JITV. 2017. 22(4):165-172. DOI: 10.14334/jitv.v22i4.1625
8. Arslan K., Taheri S., Şener E.F., Akyüz B., Akçay A., Özkul Y., İşcan K.M. Investigation of the promoter polymorphisms of the growth hormone (GH1), growth hormone receptor (GHR), insulin-like growth factor (IGF-I), and prolactin (PRL) genes and the correlation between gene expression and milk yields in Holstein cattle raised in Central Anatolia // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences: 2016. 40(5):13. DOI: 10.3906/vet-1510-66
9. De Riek J., Calsyn E., Everaert I., Van Bockstaele E., De Loose M. // AFLP based alternatives for the assessment of distinctness, uniformity and stability of sugar beet varieties // Theor. Appl. Genet. 2001. 103:1254-1265. DOI: 10.1007/
s001220100710
10.Çobanoğlu, Ö. and Ardiçli S. Genetic variation at the OLR1, ANXA9, MYF5, LTF, IGF1, LGB, CSN3, PIT1, MBL1, CACNA2D1, and ABCG2 loci in Turkish Grey Steppe, Anatolian Black, and East Anatolian Red cattle // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 2022. 46(3):494-504. DOI: 10.55730/1300-0128.4198
11.De la Rosa Reyna X.F., Montoya H.M., Castrellón V.V., Rincón A.M.S., Bracamonte M.P., Vera W.A. Polymorphisms in the IGF1 gene and their effect on growth traits in Mexican beef cattle // Genetics and Molecular Research. 2010. 9(2):875-883
12.Ge W., Davis M.E., Hines H.C., Irvin K.M., and Simmen R.C.M. Association of a genetic marker with blood serum insulin-like growth factor-I concentration and growth traits in Angus cattle // J. Anim. Sci. 2001. 79:1757–1762.
13.Han Y., Wang S., Wang Y., Zeng S. IGF-1 inhibits apoptosis of porcine primary granulosa cell by targeting degradation of BimEL // Int. J. Mol. Sci. 2019. 20 (21):5356. DOI: 10.3390/ijms20215356
14.Hartanto S., Budiyanto A., Widayanti R., Setyawan E.M.N., and Prasetya I.D. Characterization of polymorphisms in the follicle-stimulating hormone receptor and insulin-like growth factor-1 genes and their association with fertility traits in Jawa-Brebes cows // Veterinary World. 2023. 16(4): 711–716. DOI: 10.14202/vetworld.2023.711-716
15.Hax L.T., Schneider A., Jacometo C.B., Mattei P., da Silva T.C., Farina G., Corrêa M.N. Association between polymorphisms in somatotropic axis genes and fertility of Holstein dairy cows // Theriogenology. 2017. 88:67–72. DOI: 10.1016/
j.theriogenology.2016.03.044
16.Mehmannavaz Y., Amirinia C., Bonyadi M., Vaez Torshizi R. Association of IGF-1 gene polymorphism with milk production traits and paternal genetic trends in Iranian Holstein bulls // African Journal of Microbiology Research. 2010. 4(1):110-114.
17.Mullen M.P. Lynch C.O., Waters S.M., Howard D.J., O'Boyle P., Kenny D.A., Buckley F., Horan B., Diskin M.G. Single nucleotide polymorphisms in the growth

hormone and insulin-like growth factor-1 genes are associated with milk production, body condition score and fertility traits in dairy cows // GMR. 2011. 10:1819-1830.
18.Nicolini P., Carriquiry M., Meikle A. A polymorphism in the insulin-like growth factor 1 gene is associated with postpartum resumption of ovarian cyclicity in Holstein-Friesian cows under grazing conditions // Acta Veterinaria Scandinavica. 2013. 55 (1):11. DOI: 10.1186/1751-0147-55-11
19.Siadkowska E., Zwierzchowski L., Oprządek J., Strzałkowska N., Bagnicka E., Krzyżewskiet J. Effect of polymorphism in IGF-1 gene on production traits in Polish Holstein-Friesian cattle // Animal Science Papers and Reports. 2006. 24(3):225-237
20.Silveira P.A.S., Butler W.R., da Silva T.C., Corrêa M.N., C.C. Barros, Schneider A. Association of polymorphisms in the IGF -I, GHR and STAT5A genes with serum IGF -I concentration and reproductive performance of Holstein dairy cows // Animal Reproduction Science. 2019. 211:10620. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2019.106206
21.Szewczuk M., Bajurna M., Zych S., Kruszyński W. Association of insulin-like growth factor I gene polymorphisms (IGF1/ TasI and IGF1/SnaBI) with the growth and subsequent milk yield of Polish Holstein-Friesian heifers // Czech J. Anim. Sci. 2013. 58 (9):404-411
22.Ulyanov V.A., Kubekova B.Z., Beishova I.S., Belaya A.V., Papusha N.V. Preferred and undesirable genotypes of bGH and bIGF -1 genes for the milk yield and quality of black-and-white breed // Veterinary World. 2021. 14(5):1202-1209. DOI: 10.14202/ vetworld.2021.1202-1209
23.Wang, Y., Price, S. E., and Jiang, H. Cloning and characterization of the bovine class 1 and class 2 insulin-like growth factor -I mRNAs // Domest. Anim. Endocrinol. 2003. 25:315–328. DOI: 10.1016/ j.domaniend.2003.06.001
24.Wasielewska, M. and Szatkowska I. Possible relationship between IGF-1/SnaBI genotypes and milk yield of Holstein-Friesian cows // Animal Science and Genetics. 2019. 15(4):35-41. DOI: 10.5604/01.3001.0013.6365
25.Yazdanpanah A.A., Roshanfekr H., Mirzadeh K., Mamouei M., Khederzadeh S. Polymorphism of insulin-like growth factor 1 gene in Najdi cattle populations // American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 2013. 9:300-306. DOI:10.3844/ ajbbsp.2013.300.306
26.Yurnalis S., Arnim, Putra D.E. Polymorphism of Insulin-like Growth Factor 1 Gene (IGF1/TasI, IGF1/SnaBI, IGF1/RsaI) and the Association with Daily Gain of Pesisir Cattle Local Breed from West Sumatera, Indonesia // Pak J Biol Sci. 2017. 20(4):210-216. DOI: 10.3923/pjbs.2017.210.216.

УДК: 619:616-078.37:636.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.354

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ЭХОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯИЧНИКОВ У СОБАК В ПЕРИОД ЭСТРУСА

Цыганский Р.А. * – д-р биол. наук, проф. каф. физиологии, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0002-9643-2080); **Яковлева У.С.** – асп. каф. физиологии, хирургии и акушерства (ORCID 0009-0003-2494-9800)

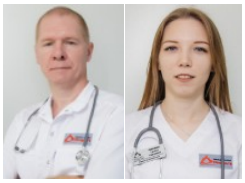
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

*gypsyrom@mail.ru

***Ключевые слова**: собаки, ультразвуковое исследование (УЗИ), эхогенность, эходенситометрия, половой цикл, яичники, эструс*

***Key words:** dogs, ultrasound examination, echogenicity, echodensitometry, sexual cycle, ovaries, estrus*

Поступила: 30.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Статья посвящена количественной и качественной эхографической характеристике структур яичников у собак в период эструса, значимости фолликулярного индекса эхогенности при выявлении овуляции. Объект исследования 27 половозрелых разнопородных самок собак, от периода проэстуса до диэструса. Животные были разделены на 3 группы: первая группа – собаки массой до 5 кг (n=12), вторая группа – собаки с массой 6-20 кг (n=8), третья группа – собаки с массой более 20 кг (n=7). Исследования проведены в Ветеринарном центре им. Пирогова г.Ставрополя на сканере SIUI Apogee 1100 Omni (Shantou Institute of Ultrasonic Instruments Co., Ltd., Guangdong, China) по общепринятой методике с использованием мультичастотного линейного датчика с частотой 7,5-12 МГц в В-режиме. Количественные параметры эхогенности яичников и фолликулов определяли, используя методики Силиной Т.Л., с соавт. (2010) и Цыганского Р.А. (2020). Установлены специфические эхографические маркёры процесса овуляции, в виде увеличения гиперэхогенной каймы фолликулов 0,1-0,2 см или потери четкости контура фолликулов с уменьшением их размеров, утратой симметрии фолликулов, уменьшением количества фолликулов на 30-40%. В течение эструса меняется фолликулярный индекс эхогенности (ФИЭ), т.е. соотношение количественных единиц эхогенности стромы и фолликулов. В начале проэструса данный индекс 1,5-1,7, к концу проэструса 2,0-2,5, что указывает на снижение эхогенности фолликулов в процессе фолликулогенеза, после овуляции данный индекс снижался менее значения 2,0. Динамические изменения эхографических параметров яичников сопровождались увеличением концентрации прогестерона в сыворотке крови собак. Полученные качественные и количественные сонографические данные яичников собак в процессе фолликулогенеза, могут служить основой для идентификации различных стадий активной фазы полового цикла при ультразвуковом исследовании.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

До настоящего времени золотым стандартом для определения срока оплодотворения, является лабораторная диагностика в сочетании с цитологическим исследованием: комбинация микроскопии вагинального мазка и определение концентрации в крови лютеинизирующего гормона и прогестерона [4]. По данным Valenciano A.C. и Cowell R.L., (2020) цитологическое исследование вагинального эпителия полезно для определения подходящего времени оплодотворения, но как моноисследование не позволяет достоверно отличить поздний проэструс от эструса и не дает конкретной информации о дате овуляции [13]. Обнаружение пика лютеинизирующего гормона (ЛГ) позволяет довольно точно предсказать начало периода оплодотворения, однако, более практичным может быть показатель повышения концентрации прогестерона в плазме до 6-8 нг/мл [9]. Однако, при микроскопии ооцитов, полученных из половых путей через 2 и 4 дня после однократного интравагинального осеменения сук с помощью баллонного катетера, проведенного в течение 12 часов с момента обнаружения овуляции отмечено, что, несмотря на концентрацию прогестерона, превышающую 47,7 нмоль/л, оплодотворения не происходит [10]. В связи с этим, концентрация прогестерона в крови сук в качестве маркёра для определения времени осеменения не является высокопрогностичным методом, а время осеменения играет важную роль для выживания сперматозоидов в половых путях самки. Комбинация же цитологических методов с лабораторными тестами является экономически затратным.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является высокоинформативным методом визуальной диагностики функционального состояния органов репродуктивной системы и оценки течения беременности как у людей, так и у животных [11].

В связи с физиологическими особенностями течения стадий активной фазы полового цикла у собак сложно точно определить овуляцию [10]. Одним из важных параметров при ультрасонографии является эхогенность исследуемой структуры [2, 3]. Большинство публикаций, описывающих изменения тканей и органов при УЗИ, основаны на субъективном, недоказанном, восприятии основного параметра – эхогенности, а количественная оценка производится только путём подсчета субъективно оцененных изо-, гипо- или гиперэхогенных структур. Так, Hayer P. et al. (1993) характеризуют фолликулы как анэхогенные сферические структуры в яичниках, которые можно визуализировать уже с первого дня проэструса у собак, однако авторы не отмечают каким образом изменяется эхогенность фолликулов в процессе их созревания и овуляции [7]. В исследовании England G.C.W. et al. (1993) установлено, что процесс овуляции у собак сопровождается заменой фолликулов гипоэхогенными структурами аналогичного размера [6].

По данным Wallace S.S. et al. (1992) в начале проэструса яичники однородные и имеют эхогенность, равную или немного выше, чем эхогенность коркового вещества почек. При этом фолликулы авторы описывают как очаговые гипоэхогенные или анэхогенные округлые структуры. В данном исследовании указано, что через некоторое время после овуляции в яичниках обнаруживались анэхогенные структуры, неотличимые от фолликулов, которые со временем увеличивали эхогенность и уменьшались в размерах [14].

Karre I. et al. (2012) в своём исследовании распределения и жизнеспособности сперматозоидов в половом тракте самок собак в связи с созреванием ооцитов описывали повышение эхогенности стенки у преовуляторных фолликулов [10]. Однако, в этом и приведённых выше исследованиях, характеристика эхогенности структур яичников при УЗИ проводилась на основе субъективного, восприятия эхогенности, то есть данный параметр являлся недоказуемым и не воспроизводимым.

Имеются некоторые сообщения о сравнении количественных характеристик эхогенности ряда структур. Так, в исследовании Ivančić M. et al. (2008) при-

ведено сравнение эхогенности паренхимы печени и коры почки у здоровых собак. Эхогенность определяли при помощи цифрового анализа изображений в программе Image J 1.38d, Wayne Rasband, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, MD по средней интенсивности пикселей с использованием 8-битовой шкалы с 256 оттенками серого цвета. Авторы пришли к заключению, что эхогенность коры почки выше, чем у печени в разных режимах сканирования. Ранее же допускалось наличие изоэхогенности этих структур, основанное на субъективном восприятии [8].

В исследованиях Цыганского Р.А. (2018) проведена количественная эходенситометрия стенки желудка и кишечника собак с определением индекса эхогенности их слоёв, что позволяет проводить объективную оценку состояния данных отделов пищеварительного канала в норме и патологии [1].

Отсутствие сведений в доступной нам литературе о количественной характеристике эхогенности яичников у собак, послужило основой для проведения данных исследований.

Цели исследования – дать количественную и качественную эхографическую характеристику структур яичников у собак в период активной фазы полового цикла, определить фолликулярный индекс эхогенности и его значение при выявлении овуляции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования проведены в ветеринарном центре им Пирогова г.Ставрополя в период с июня 2021 по май 2024 года. Нами было исследовано 27 половозрелых разнопородных самок собак, от периода проэстуса до диэструса. Животные были разделены на 3 группы: первая группа – собаки массой до 5 кг (n=12), вторая группа – собаки с массой 6-20 кг (n=8), третья группа – собаки с массой более 20 кг (n=7). Все животные были клинически здоровы. УЗИ проводили с использованием сканера SIUI Apogee 1100 Omni (Shantou Institute of Ultrasonic Instruments Co., Ltd., Guangdong, China) по общепринятой методике мультичастотным линейным датчиком с частотой 7,5-12 МГц. Животных обследовали в дорсальном, левом и правом боковом лежачем положении. Исследование проводилось в режимах двумерной серошкальной визуализации (В-режим). Размеры фолликулов оценивали путем измерения наибольшего внутреннего диаметра гипоэхогенной области в яичнике.

Взятие образцов крови проводили из медиальной вены сафена, иглой Lind-Vac размером 23G, в пробирку Z с активатором свертывания (оксид кремния). В сыворотке крови определяли прогестерон количественным конкурентным флуоресцентным иммуноанализом. Развитие фолликулов, овуляцию и раннюю лютеиновую фазу отслеживали, начиная с 2-3 дня от момента проэструса с интервалом 48 часов, с помощью ультразвукового исследования, используя линейный датчик с частотой 7,5-12 МГц. Эти результаты были сопоставлены с уровнем прогестерона в сыворотке крови.

Линейные размеры яичников и фолликулов определяли при их ультразвуковой визуализации, на зафиксированном максимальном размере органа при продольном и поперечном скане. Количественные параметры эхогенности яичников и фолликулов определяли, используя методики Силиной Т.Л., с соавт. (2010) [3] и Цыганского Р.А. (2020) [2]. Для оценки эхооднородности структур яичника осуществляли сравнение двух зон стромы и фолликулов, расположенных на одинаковом расстоянии от датчика – исследуемой и фоновой. Для этого производили анализ ультразвукового изображения яичника на IBM PC-совместимом компьютере в графическом редакторе в черно-белом режиме, для чего, используя функцию гистограммы, выделяли исследуемую зону и фоновую зону, как в строме, так и в фолликуле, обводя их с помощью инструмента «лассо». При этом числовые значения параметров «среднее значение» и «отклонение» отображались автоматически в окне гистограммы графического

редактора. Для фоновой зоны дополнительно определяли «погрешность отклонения в фоновой зоне», для чего фоновую зону делили на несколько участков, определяя значение отклонения в каждом участке фоновой зоны, выбирали максимальное отклонение и минимальное отклонение в фоновой зоне или ее участках. Далее производили расчет погрешности отклонения в фоновой зоне по формуле:

$$П_{Откл2} = Откл_{допmax} - Откл_{допmin}$$

Затем производили расчет разницы отклонений в исследуемой зоне и в фоновой зоне по формуле:

$$\Delta Откл = Откл_1 - Откл_2$$

Производили сравнение погрешности отклонения в фоновой зоне с разницей отклонений в исследуемой и фоновой зоне по формуле:

$$КЭО = П_{Откл2} - \Delta Откл$$

Далее производили расчет разницы средних арифметических значений яркости исследуемой и фоновой зон, по формуле:

$$\Delta Ср_{ярк} = Ср_{ярк1} - Ср_{ярк2}$$

Затем производили сравнение модуля разницы среднего значения яркости эхооднородной исследуемой зоны и среднего значения яркости фоновой зоны с отклонением в фоновой зоне по формуле:

$$КИЗ = |\Delta Ср_{ярк}| - Откл_2$$

, где КИЗ – критерий изоэхогенности исследуемой зоны;

$|\Delta Ср_{ярк}|$ – модуль разницы средних значений яркости;

$Откл_2$ – отклонение в сравниваемой зоне.

В результате данных расчетов определяли степень эхооднородности стромы яичника и фолликулов. Исследуемая зона определялась как гетероэхогенная, если *КЭО* < 0; изоэхогенная, если $0 \leq КЭО, КИЗ \leq 0;$ гипоэхогенная, если $0 \leq КЭО, 0 < КИЗ, \Delta Ср_{ярк} < 0$; гиперэхогенная, если $0 \leq КЭО, 0 < КИЗ, 0 < \Delta Ср_{ярк}$. Затем определяли соотношение количественных единиц эхогенности стромы и фолликулов (*Ср$_{ярк}$*) и рассчитывали фолликулярный индекс эхогенности по формуле:

$$ФИЭ = Ср_{ярк}С / Ср_{ярк}Ф$$

, где ФИЭ – фолликулярный индекс эхогенности;

$Ср_{ярк}С$ – среднее значение яркости стромы яичника;

$Ср_{ярк}Ф$ – среднее значение яркости фолликула яичника.

При обращении с обследуемыми животными соблюдались «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных» (Приказ Министерства здравоохранения СССР № 742 от 13.11.1984 г.). При проведении исследований и подготовке статьи к печати отсутствовал конфликт личных, коммерческих, академических, интеллектуальных и др. интересов.

Числовые данные обрабатывали при помощи однофакторного дисперсионного анализа и критерия Стьюдента для множественных сравнений, зависимость выявляли в ходе корреляционного анализа путем вычисления линейного коэффициента Пирсона в программе PrimerofBiostatistics 4.03 для Windows на IBM PC-совместимом компьютере.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Яичники при поперечном скане визуализируются в виде округлой структуры, средней эхогенности с неровными, преимущественно нечеткими контурами, при продольном сканировании их форма приближается к овальной. Начиная со 2-3 дня проэструса у всех обследованных животных в яичниках идентифицировали фолликулы в виде округлых структур с неровным нечетким контуром, эхогенность которых была значительно ниже стромы

яичников. Размер фолликулов на 2-3 день проэструса не отличался между животными трёх групп и составил 0,31±0,04 см (рис. 1). При последующих измерениях регистрировали увеличение размеров фолликулов. Так к 10 дню проэструса размер фолликулов составлял 0,57±0,08 см в 1 группе, 0,73±0,12 во второй, и 0,94±0,15 в 3 группе, что составило 183,87%, 235,48% и 303,22% в сравнении с начальными измерениями, соответственно по трём группам.

Средняя продолжительность проэструса составила 13±3,14 дней с колебаниями от 10 до 16 дней не зависимо от группы животных. Максимальный размер фолликулов в конце проэструса отличался у животных разных групп. Так, в 1 группе он составил 0,71 см, во второй 0,96 см, в 3 -й 1,22 см, что составило 229,03%, 309,68% и 393,55% в сравнении с начальными измерениями, соответственно по трём группам.

Среднее количество фолликулов составило 4,18±0,73 в левом яичнике и 3,56±0,54 в правом яичнике.

При расчетё однородности стромы и фолликулов установлено, что данные структуры в период проэструса эхооднородны, поскольку расчётный критерий однородности (КЭО) имел положительное значение, т.е. был выше 0, а критерий изоэхогенности (КИЗ) не превышал значение 0. Фолликулы являются гипоэхогенными, поскольку относительно стромы расчетные критерии соответствуют положению:

$$0 \leq КЭО, 0 < КИЗ, \Delta Ср_{ярк} < 0$$

Строма является гиперэхогенной, поскольку относительно фолликулов расчётные критерии соответствуют положению:

$$0 \leq КЭО, 0 < КИЗ, 0 < \Delta Ср_{ярк}$$

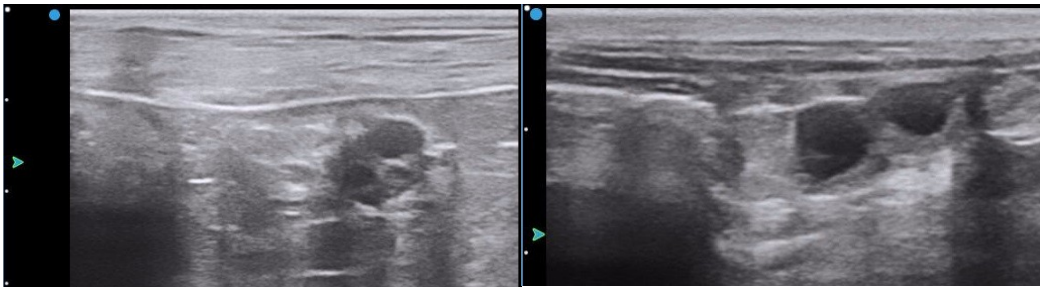


Рисунок 1 – Яичники собак, слева: проэструс, 4 день, фолликулы 0,31 см; справа: проэструс, 14 день, фолликулы 0,62 см, перифолликулярная кайма 0,06 см.

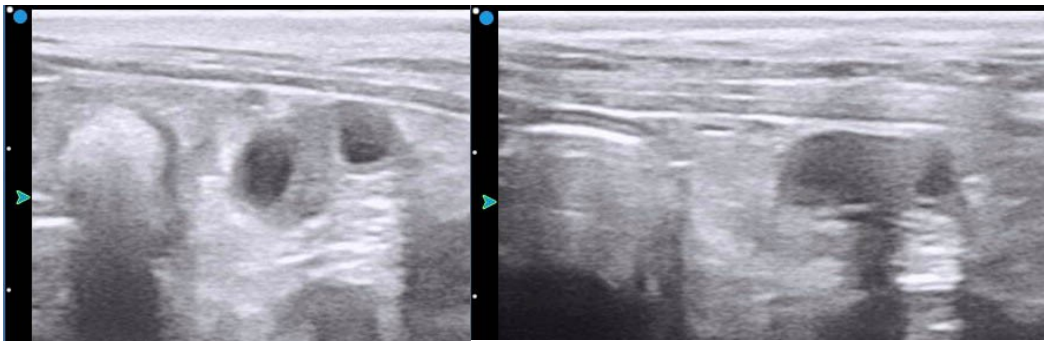


Рисунок 2 – Яичники собак, слева: овуляция, уменьшение размера фолликулов, перифолликулярная кайма 0,1 см, справа: диэструс, 4 день, утрата четкости контуров фолликулов, повышение их эхогенности.

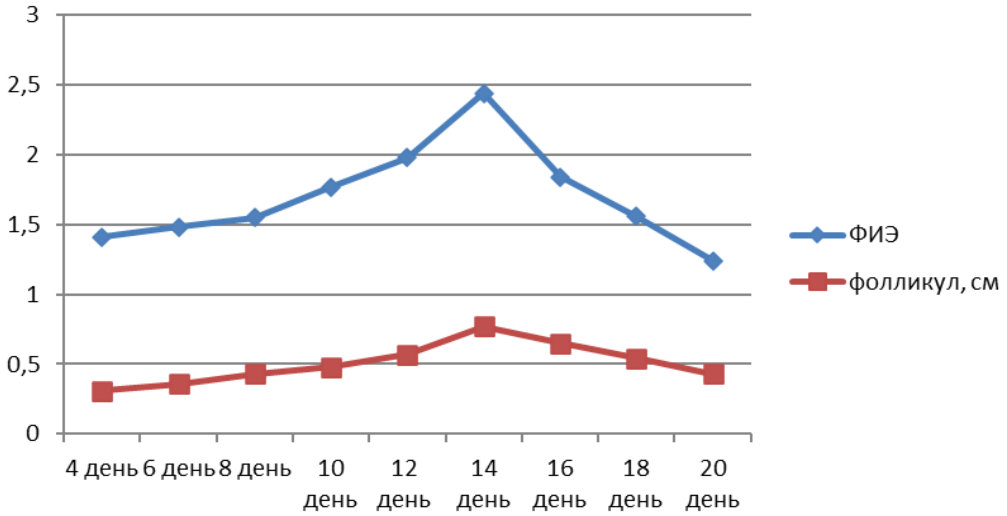


Рисунок 3 – Динамика фолликулярного индекса эхогенности (ФИЭ) и максимального размера фолликулов (см) у собак массой до 5 кг в активную фазу полового цикла.

Эхогенность фолликулов ($Ср_{ярк}Ф$) колебалась в пределах 40,15±6,78 до 127,32±9,36 в зависимости от стадии цикла, причем наименьшие значения регистрировались к завершению проэструса и соответствовали предовуляторным фолликулам, а наибольшие значения регистрировались с продолжением диэструса. Эхогенность стромы ($Ср_{ярк}С$) в среднем составляла 137,84±24,62. Нами установлено, что в течение проэструса меняется фолликулярный индекс эхогенности (ФИЭ), т.е. соотношение количественных единиц эхогенности стромы и фолликулов (рис. 3). Так, в начале проэструса данный индекс составлял 1,5-1,7, а к концу проэструса достигал 2,0-2,5, что указывает на снижение эхогенности фолликулов в процессе фолликулогенеза. После овуляции данный индекс также менялся, снижаясь менее значения 2,0.

Динамические изменения эхографических параметров яичников сопровождались увеличением концентрации прогестерона в сыворотке крови собак. Так, с увеличением размера фолликулов с 0,31±0,04 см до 0,57±0,08 см в 1 группе, 0,73±0,12 во второй, и 0,94±0,15 в 3 группе концентрация прогестерона возрастала в среднем на 148,38% составив с 9,86±1,45 нмоль/л до 14,63±2,56 нмоль/л по трём группам собак. При максимальных размерах фолликулов концентрация прогестерона составляла 27,98±5,41 нмоль/л, что соответствовало увеличению на 283,77% относительно начала проэструса.

В начале проэструса нами отмечено, что контуры фолликулов на сонограммах не четкие, однако при концентрации прогестерона 14,63±2,56 нмоль/л отмечается появление гиперэхогенной каймы по границе фолликулов толщиной 0,06-0,07 см с приобретением четкости контуров фолликулов (рис. 1). При дальнейших ультразвуковых исследованиях гиперэхогенная фолликулярная кайма в фолликулах утолщалась до 0,1-0,2 см (рис. 2), что также сопровождалось ростом концентрации прогестерона в сыворотке крови собак.

При ультразвуковом исследовании яичники у собак визуализируются в виде овальной структуры продольном и округлой структуры при поперечном сканировании. УЗ сканирование позволяет идентифицировать фолликулы со 2-3 дня проэструса.

При анализе эхогенности структур

яичника у собак мы получали количественный показатель $Ср_{ярк}$ представляющий собой средневзвешенный уровень яркости пикселей изображения, которое автоматически рассчитывает компьютер путём умножения каждого уровня яркости на число пикселей данного уровня, а затем делением на общее число уровней яркости. Ряд авторов указывает, что фолликулы у данного вида животных анэхогенные [5, 7], однако в данных исследованиях не проводилась количественная оценка эхогенности. В наших исследованиях эхогенность фолликулов ($Ср_{ярк}Ф$) в наименьших значениях составляла 40,15±6,78, что не соответствует определению «анэхогенная структура», поскольку доля средневзвешенного уровня яркости пикселей их ультразвукового 8-ми битного изображения составляет 15,68%. Постепенное снижение эхогенности фолликулов в течение проэструса на наш взгляд связано с увеличением доли жидкостного компонента в процессе фолликулогенеза, достигающего пика непосредственно перед овуляцией, о чем свидетельствуют максимальные значения фолликулярного индекса эхогенности, равные 2,0-2,5. В последующих измерениях значения данного индекса снижаются менее значения 2,0, что, на наш взгляд, связано с процессами формирования желтого тела, сопровождающимися повышением эхогенности фолликулов.

Появление фолликулярной гиперэхогенной каймы, по видимому, связано с предовуляторной лютеинизацией фолликулов. Подобные изменения описаны и другими исследователями [10]. Наличие фолликулярной гиперэхогенной каймы может служить дополнительным эхографическим маркёром завершения стадии проэструса. Karre I. et al. (2012) указывают, что референсом овуляции является концентрация прогестерона в крови сук не менее 15,9 нмоль/л, однако, по данным Boyd J.S. et al. (1993) процесс овуляции может длиться 12-36 часов, при этом концентрация прогестерона продолжает увеличиваться [5]. Так, при микроскопии ооцитов, полученных из половых путей через 2 и 4 дня после однократного интравагинального осеменения сук с помощью баллонного катетера, проведенного в течение 12 часов с момента обнаружения овуляции отмечено, что, несмотря на концентрацию прогестерона, превышающую 47,7 нмоль/л, оплодотворения не происходит [10]. Reynaud K. et al. (2005) исследовав 195 ооцитов, полученных от 50 сук, установили, что в большинстве случаев оплодотворение происходило в течение 90 часов после овуляции [12]. В связи с этим, концентрация прогестерона в крови сук в качестве маркёра для определения времени оплодотворения не является высокопрогностичным методом. Метод ультразвуковой диагностики эструса у собак имеет существенно более низкую себестоимость в сравнении с лабораторными методами.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Перспективным методом определения времени оплодотворения выступает ультрасонография, поскольку процесс овуляции имеет специфические эхографические маркёры, в виде увеличения гиперэхогенной каймы фолликулов 0,1-0,2 см или потерей четкости контура фолликулов с уменьшением их размеров, снижением фолликулярного индекса эхогенности С/Ф <2,0, утратой симметрии фолликулов, уменьшением количества фолликулов на 30-40%. Полученные нами качественные и количественные сонографические данные яичников собак в процессе фолликулогенеза, могут служить основой для идентификации различных стадий активной фазы полового цикла при ультразвуковом исследовании.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ECHOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE OVARIES IN DOGS DURING ESTRUS

Tsyganski R.A. * – doctor of biological sciences, professor of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics (ORCID 0000-0002-9643-2080); **Yakovleva U.S.** – postgraduate student of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics (ORCID 0009-0003-2494-9800)

Stavropol State Agrarian University

*gypsyrom@mail.ru

ABSTRACT

The article is devoted to the quantitative and qualitative echographic characteristics of ovarian structures in dogs during the estrus of the sexual cycle, the significance of the follicular echogenicity index in detecting ovulation. The object of the study was 27 sexually mature female dogs of different breeds, from the period of proestrus to diestrus. The animals were divided into 3 groups: the first group - dogs weighing up to 5 kg (n = 12), the second group - dogs weighing 6-20 kg (n = 8), the third group - dogs weighing more than 20 kg (n = 7). The studies were carried out at the Pirogov Veterinary Center in Stavropol on a SIUI Apogee 1100 Omni scanner (Shantou Institute of Ultrasonic Instruments Co., Ltd., Guangdong, China) according to the generally accepted technique using a multi-frequency linear sensor with a frequency of 7.5-12 MHz in B-mode. The quantitative parameters of the echogenicity of the ovaries and follicles were determined using the techniques of Silina T.L. et al. (2010) and Tsygansky R.A. (2020). Specific echographic markers of the ovulation process have been established, in the form of an increase in the hyperechoic border of follicles by 0.1-0.2 cm or loss of clarity of the follicle contour with a decrease in their size, loss of follicle symmetry, a decrease in the number of follicles by 30-40%. During estrus, the follicular echogenicity index (FEI – the ratio of quantitative units of echogenicity of the stroma and follicles). At the beginning of proestrus, this index is 1.5-1.7, by the end of proestrus 2.0-2.5, which indicates a decrease in the echogenicity of the follicles during folliculogenesis, after ovulation, this index decreased below 2.0. Dynamic changes in the echographic parameters of the ovaries were accompanied by an increase in the concentration of progesterone in the blood serum of dogs. The obtained qualitative and quantitative sonographic data of the ovaries of dogs in the process of folliculogenesis can serve as a basis for identifying various stages of the active phase of the sexual cycle during ultrasound examination.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Цыганский Р.А. Количественные характеристики эхогенности пищеварительного канала у собак / Р.А. Цыганский // Вестник Курской ГСХА, 2018. № 5. – С. 113-120.

2.Патент 2746439 РФ, МПК A61B 8/00 (2006.01). Способ определения эхогенности стенки желудка и тонкого кишечника у собак и кошек/ Цыганский Р.А.–№ 2020106782; заявл. 12.02.2020.; опубл. 14.04.2021, Бюл №11.

3.Патент 2398513 РФ, МПК 51 A61B 8/00 A61B8/14 (2006.01) Способ определения эхооднородности и степени эхогенности ультразвукового изображения / Силина Т.Л., Голубков С.С. – № 2008149311/14; заявл. 16.12.2008; опубл. 10.09.2010, Бюл. №4.

4.Яковлева У.С. Методы определения овуляции у собак и анализ их эффективности / У.С. Яковлева, Р.А. Цыганский // Молодые ученые – науке и практике АПК: [Электронный ресурс] материалы научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых, г. Витебск, 27-28 апреля 2023 г. / УО ВГАВМ ; редкол. : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2023. – Режим доступа : http://www.vsavm.by. свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. – С. 238-241.

5.Boyd J.S. Problems associated with ultrasonography of the canine ovary around the time of ovulation / J.S. Boyd, J.P. Renton, M.J. Harvey [et al.] // Journal of Reproduction and Fertility – Supplement. – 1993, 47:101–105.

6.England G.C.W. Ultrasonographic appearance of the ovary and uterus of the bitch during oestrus, ovulation and early pregnancy / G.C.W. England, A.E. Yeager // Journal of Reproduction and Fertility. 1993, Vol. 47. P. 107-117.

7.Hayer P. Ultrasonographic monitoring of follicular development, ovulation and the early luteal phase in the bitch / P. Hayer, A.R. Günzel-Apel, D. Lüerssen, [et al.] //

Journal of Reproduction and Fertility – Supplement. – 1993, 47:93-100. PMID: 8229990.
8.IvančićM., W. Mai.Qualitative and quantitative comparison of renal vs. hepatic ultrasonographic intensity in healthy dogs // Veterinary Radiology and Ultrasound. – 2008, Vol. 49. № 4. P. 368-373.
9.Jeffcoate, I.A. Ovulation detection and timing of insemination based on hormone concentrations, vaginal cytology and the endoscopic appearance of the vagina in domestic bitches / I. A. Jeffcoate, F. E. Lindsay // Reprod Fertil Suppl. – 1989, № 39. – P. 277-287
10. Karre I. Distribution and viability of spermatozoa in the canine female genital tract during post-ovulatory oocyte maturation / I. Karre, A. Meyer-Lindenberg, C. Urhausen [et al.] // Acta Veterinaria Scandinavica. – 2012, 29;54(1):49. doi: 10.1186/1751-0147-54-49.
11. Mantziaras G. Advanced ultrasound techniques in small animal reproduction imaging / G. Mantziaras, G.C. Luvoni // Reproduction in domestic animals. – 2020, Vol. № 2. P. 17-25.
12. Reynaud K. In vivo meiotic resumption, fertilization and early embryonic development in the bitch / K. Reynaud, A. Fontbonne, N. Marseloo [et al.] // Reproduction. 2005, 130:193–201.
13. Valenciano, A.C. Diagnostic Cytology and Hematology of the Dog and Cat / A. C. Valenciano, R. L. Cowell // Elsevier: Fifth edition, 2020. – P. 427-429
14. Wallace S.S. Ultrasonographic appearance of the ovaries of dogs during the follicular and luteal phases of the estrous cycle / S.S. Wallace, M.B. Mahaffey, D.M. Miller [et al.] // American Journal of Veterinary Research. 1992, 53:209–215.

REFERENCES

1.Tsygansky R.A. Quantitative characteristics of the echogenicity of the alimentary canal in dogs / R.A. Tsygansky // Bulletin of Kursk State Agricultural Academy, 2018. No. 5. - P. 113-120.
2.Patent 2746439 RF, IPC A61B 8/00 (2006.01). Method for determining the echogenicity of the stomach wall and small intestine in dogs and cats / Tsygansky R.A. - No. 2020106782; declared. 12.02.2020.; published. 14.04.2021, Bulletin 11.
3.Patent 2398513 RF, IPC 51 A61B 8/00 A61B8/14 (2006.01) Method for determining the echo homogeneity and degree of echogenicity of an ultrasound image / Silina T.L., Golubkov S.S. - No. 2008149311/14; declared. 16.12.2008; published. 10.09.2010, Bulletin 4.
4.Yakovleva U.S. Methods for determining ovulation in dogs and analysis of their effectiveness / U.S. Yakovleva, R.A. Tsygansky // Young scientists - for science and practice of the agro-industrial complex: [Electronic resource] materials of the scientific and practical conference of graduate students and young scientists, Vitebsk, April 27-28, 2023 / UO VSVM; editorial board. : N. I. Gavrichenko (editor-in-chief) [and others]. – Vitebsk: VGAVM, 2023. – URL: http://www.vsavm.by. free. – Title from the screen. – Language: Russian. – P. 238-241. (In Russ.)
5.Boyd J.S. Problems associated with ultrasonography of the canine ovary around the time of ovulation / J.S. Boyd, J.P. Renton, M.J. Harvey [et al.] // Journal of Reproduction and Fertility – Supplement. – 1993, 47:101–105.
6.England G.C.W. Ultrasonographic appearance of the ovary and uterus of the bitch during oestrus, ovulation and early pregnancy / G.C.W. England, A.E. Yeager // Journal of Reproduction and Fertility. 1993, Vol. 47. P. 107-117.
7.Hayer P. Ultrasonographic monitoring of follicular development, ovulation and the early luteal phase in the bitch / P. Hayer, A.R. Günzel-Apel, D. Lüerssen, [et al.] // Journal of Reproduction and Fertility – Supplement. – 1993, 47:93-100. PMID: 8229990.
8.IvančićM., W. Mai. Qualitative and quantitative comparison of renal vs. hepatic ultrasonographic intensity in healthy dogs // Veterinary Radiology and Ultrasound. – 2008, Vol. 49. № 4. P. 368-373.
9.Jeffcoate, I.A. Ovulation detection and timing of insemination based on hormone

concentrations, vaginal cytology and the endoscopic appearance of the vagina in domestic bitches / I. A. Jeffcoate, F. E. Lindsay // Reprod Fertil Suppl. – 1989, № 39. – P. 277-287
10.Karre I. Distribution and viability of spermatozoa in the canine female genital tract during post-ovulatory oocyte maturation / I. Karre, A. Meyer-Lindenberg, C. Urhausen [et al.] // Acta Veterinaria Scandinavica. – 2012, 29;54(1):49. doi: 10.1186/1751-0147-54-49.
11.Mantziaras G. Advanced ultrasound techniques in small animal reproduction imaging / G. Mantziaras, G.C. Luvoni // Reproduction in domestic animals. – 2020, Vol. № 2. P. 17-25.
12.Reynaud K. In vivo meiotic resumption, fertilization and early embryonic development in the bitch / K. Reynaud, A. Fontbonne, N. Marseloo [et al.] // Reproduction. 2005, 130:193–201.
13.Valenciano, A.C. Diagnostic Cytology and Hematology of the Dog and Cat / A. C. Valenciano, R. L. Cowell // Elsevier: Fifth edition, 2020. – P. 427-429
14.Wallace S.S. Ultrasonographic appearance of the ovaries of dogs during the follicular and luteal phases of the estrous cycle / S.S. Wallace, M.B. Mahaffey, D.M. Miller [et al.] // American Journal of Veterinary Research. 1992, 53:209–215.

ХИРУРГИЯ

УДК: 619.718.2-001.5-089.227.84
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.364

ФИКСАЦИЯ ОТЛОМКОВ СЕДАЛИЩНОЙ КОСТИ ПРИ НЕСТАБИЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ТАЗА У СОБАК

Антонов Н.И. *– канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-8627-2749)

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России»

* aniv-niko@mail.ru

Ключевые слова: *фрагментарный перелом, спица, межкортикальное проведение, переломы таза, комбинированный остеосинтез, внешняя фиксация*
Keywords: *fragmented fracture, a wire, intercortical introduction, pelvic fractures, combined osteosynthesis, external fixation*

Поступила: 28.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ
Собаки с переломами седалищной кости могут быть подвергнуты как консервативному лечению, при стабильных переломах, так и оперативному лечению при нестабильных переломах. Достаточно широко известны методики фиксации отломков седалищной кости накостными пластинами, стержнями, спицами и проволокой. Цель данного исследования – оценка оперативного лечения собак с нестабильными переломами седалищной кости методикой межкортикального и чрескостного введения спиц с последующей фиксацией внешней конструкцией. Исследованы истории болезни и рентгенограммы 400 собак с травмой таза. Консервативное лечение осуществлено у 280, а оперативное у 120 собак. Переломы седалищной кости составляли 33% от всех повреждений таза и были выявлены у 74% собак. Обнаружены две наиболее часто встречаемые комбинации травм таза с участием седалищной кости. Фиксация отломков тела седалищной кости осуществлялась внутрикостно проведённой спицей от каудального края пластинки седалищной кости вдоль оси тазовой кости в комплексе с чрескостным остеосинтезом костей и сочленений таза устройством внешней фиксации. Межкортикальное проведение спицы при переломах тела седалищной кости в разных комбинациях травм таза осуществлено у 63 собак или в 52% случаев оперативного лечения. Сроки сращения переломов седалищной кости составляли у взрослых собак в среднем 60±10 суток, у молодых собак до года – 40±10 суток. Обзор литературы и анализ клинических результатов при нестабильных переломах седалищной кости показал обоснованность оперативного лечения. Применение малоинвазив-

ного оперативного доступа к телу седалищной кости при репозиции и внутрикостная фиксация отломков межкортикально проведённой спицей одновременно с жёсткой внешней фиксацией позволяют достичь точного и стабильного сопоставления и соответственно хороших результатов восстановления, как седалищной кости в частности, так и таза в целом.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Переломы седалищной кости у собак бывают стабильные и нестабильные и соответственно методы лечения для их устранения консервативные и оперативные [1]. Оперативное лечение при травме таза рекомендуют проводить в течение 48 часов. При отсроченной репозиции через 5-7 дней сопоставление отломков вследствие сокращения мышц становится затруднительным, а через 10 дней невозможным без повреждения соседних мягких тканей [2]. В связи с этим собаки, нуждающиеся в оперативном лечении, часто остаются без него, то есть «лечатся консервативно». Группа учёных в исследовании с применением сенсорной дорожки у собак с переломами таза, леченных консервативно, наблюдала изменения в процентном распределении массы тела и индексах симметрии кинетических и временно-пространственных параметров, что в отдалённом периоде проявлялось в стойкой аномальной походке [3]. В медицине при посттравматической деформации таза рекомендуют в качестве ведущих синдромокомплексов выделять нестабильность с клиническими проявлениями несращения и боли, а также синдром дисбаланса, проявляющийся формированием грубой деформации тазового кольца [4]. Периодически появляющиеся публикации подтверждают, что консервативное лечение собак с травмой таза, в том числе с переломами седалищной кости может быть причиной функциональных и анатомических изменений органокомплекса таза и тазовых конечностей [1, 3, 5]. Консервативный и оперативный способы лечения собак с переломами седалищной кости должны быть адекватными при объективном подходе к их выбору [1, 6, 7]. В настоящее время хирургическое лечение собак с травмой таза, предлагается как стандартный выбор в большинстве случаев, обеспечивая более короткое время восстановления, более быстрое заживление, снижение частоты заболеваний, связанных со стенозом тазового канала, и лучший функциональный результат [8].

Для фиксации отломков седалищной кости используют спицы, пластины, проволочный серкляж, комбинацию из спиц и проволочного серкляжа либо внешнюю фиксацию резьбовыми стержнями [8-12]. Впервые применение спиц для фиксации отломков при переломах седалищной кости предложил Alexander J. E., et al. (1962). Способ заключался во внутрикостном ведении спицы вдоль ости седалищной кости от каудального края основания седалищного бугра, с последующим загибом спицы на краю пластинки седалищной кости [13]. При данном способе была выявлена не достаточная жёсткость фиксации и в последующее время его модернизировали, добавляя вторую спицу, или проволочный серкляж [9, 10]. Установка накостных пластин или наложение проволочного серкляжа возможны лишь при достаточно инвазивном и травматичном оперативном доступе [11, 12].

Цель исследования – дать оценку результатам оперативного лечения собак при нестабильных переломах седалищной кости в условиях применения внутрикостной фиксации и внешнего чрескостного остеосинтеза таза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследованы истории болезни и рентгенограммы 400 собак с травмой костей и сочленений таза, наблюдавшихся в Центре Илизарова и ряде ветеринарных клиник города Кургана с 1992 по 2024 годы. Собаки были обоих полов, в возрасте от 6 месяцев до 14 лет, беспородные, метисы и породистые (30 различных пород мелких, малых, средних и крупных размеров). Из породистых собак наиболее часто травму таза определяли у такс, русских тоев и

йоркширских терьеров. Консервативное лечение осуществлено у 280 собак. Оперативное (хирургическое) лечение было выполнено 120 собакам. Оперативное лечение состояло из открытой репозиции отломков и сочленений таза, чрескостной и внутрикостной фиксации спицами с последующей стабилизацией внешними устройствами из деталей комплекта аппарата Илизарова (полукольца, планки, резьбовые стержни, кронштейны, болты, гайки и шайбы). Консервативное лечение заключалось в ограничении подвижности, диетическом питании, в даче препарата, регулирующего обмен кальция и фосфора, обезболивании, симптоматическом лечении и профилактики пролежней.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исследования рентгенограмм 400 собак с травмой таза выявили 1762 повреждения (перелом, вывих, подвывих). Из них 1567 повреждений непосредственно костей таза и 195 повреждений других костей и суставов скелета. Множественная травма, а это две и более зоны повреждения наблюдали у 96% собак. В среднем на одно животное приходилось 4 зоны повреждения. Переломы седалищных костей составляли большинство от всех повреждений таза – 517 или 33% и были выявлены у 298 собак, что составляло 74% от общего числа. Далее следовали: 385 переломов лонных костей в 72% наблюдений, 238 переломов подвздошных костей у 50% собак, 217 вывихов крестцово-подвздошного сустава у 50% животных, 121 перелом суставной впадины в 28% наблюдений, 49 разрывов симфиза у 12% собак и 40 переломов крестца в 9% случаев.

Нами выявлено две наиболее часто встречаемые комбинации множественных травм таза с локализацией, в том числе на седалищной кости. Фрагментарные переломы (односторонние переломы тела и ветви) седалищной кости наблюдали у 91 собаки в 23% случаев, при этом в 6 случаях (1,5%) наблюдали только две эти зоны и в 8 случаях (2%) наряду с переломами седалищной кости с этой же стороны был перелом краниальной ветви лонной кости. Оперативному лечению были подвергнуты 34 собаки с односторонним переломом тела и ветви седалищной кости в составе с другими повреждениями таза (8%). Перелом тела подвздошной кости, краниальной ветви лонной и тела седалищной кости в составе множественной травмы таза наблюдали у 75 собак в 19% случаев. Оперативное лечение получили 20 собак (5%). Переломы седалищной кости также входили и в другие комбинации множественной травмы таза, но с меньшей долей участия. Консервативное лечение, особенно при одностороннем переломе тела подвздошной, ветви лонной и тела седалищной кости, в наших наблюдениях не всегда было обосновано, часто владельцы собак отказывались от оперативного лечения из-за финансовых проблем или из-за своей субъективной точки зрения.

Выбор между консервативным и оперативным лечением мы осуществляли по комплексу критериев: смещение отломков, зона повреждения, вид травмы, возраст животного, давность травмы, общее состояние, тип нервной деятельности, условия содержания [1, 6, 7].

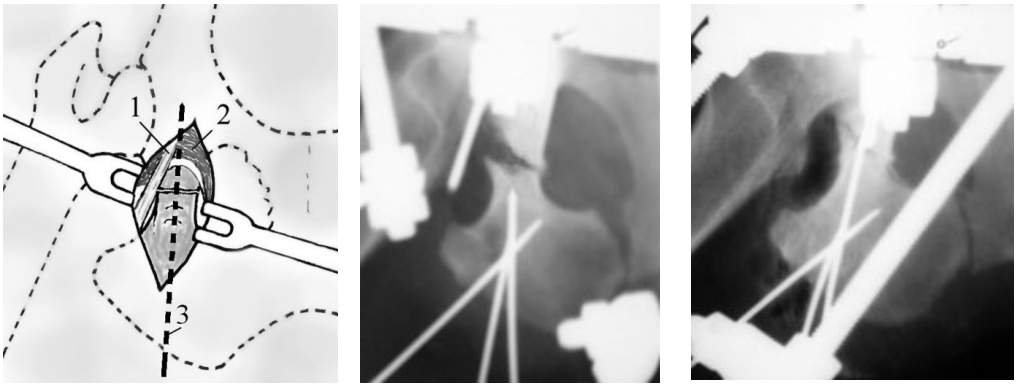
В случаях выбора консервативного лечения, собаке обеспечивали покой, ограничение подвижности, полноценное питание с минерально-витаминными добавками, проводили профилактику пролежней и необходимую симптоматическую терапию. Появление опороспособности у собак отмечали с 3-х по 30-е сутки после травмы в зависимости от тяжести повреждений и других факторов. Если собака через месяц не появлялась опороспособность, её доставляли к травматологу на осмотр и повторную рентгенографию. Оценку функционального состояния после назначения консервативного лечения в ряде случаев не проводили, так как владельцы собак, более не заявляли о себе.

У всех животных при выборе оперативного лечения применяли методики внешней фиксации, разработанные на основе метода Г.А. Илизарова [14, 15]. Для фиксации отломков седалищной ко-

сти, в Центре Илизарова в экспериментальных исследованиях был апробирован способ лечения собак с комбинированной фиксацией отломков и костей таза [16, 17]. Суть способа заключается в открытой репозиции отломков и во введении спицы в межкортикальном пространстве седалищной кости. Седалищная кость в области ветви, пластинки, бугра и каудальной части тела состоит из губчатой мелкоячеистой кости. Средняя и краниальная часть тела седалищной кости состоит из компактной кости, имеет небольшую полость с костным мозгом и внутренние питающие артерию и вену. Наличие внутрикостного коридора (межкортикального пространства из губчатой кости) седалищной кости позволяет на всём её протяжении и далее до каудальной трети тела подвздошной кости ввести как минимум одну, а у некоторых собак две и даже три спицы. Спица для быстрого (без ожогов) прохождения в теле седалищной кости должна быть с перьевидной заточкой.

При множественной травме таза сначала выполняли репозицию и фиксацию отломков или соединений, затем вводили спицы в неповреждённые сегменты и фиксировали их на внешних опорах. Внешние конструкции в зависимости от вида травмы и размеров собаки были двух типов: «салазки» из двух пар планок, поперечно соединённых между собой стержнями, или полукольцевая опора с перпендикулярным расположением на ней планок или стержней с кронштейнами (рис. 2) [14, 15].

Для репозиции отломков тела седалищной кости применяли дорсальный оперативный доступ [18, 19]. Сначала пальпацией определяли внешние ориентиры: большой вертел бедренной кости, латеральный седалищный бугор и медиальный седалищный бугор. Затем выполняли линейный разрез кожи вдоль проекции оси тазовой кости (рис. 1-а).



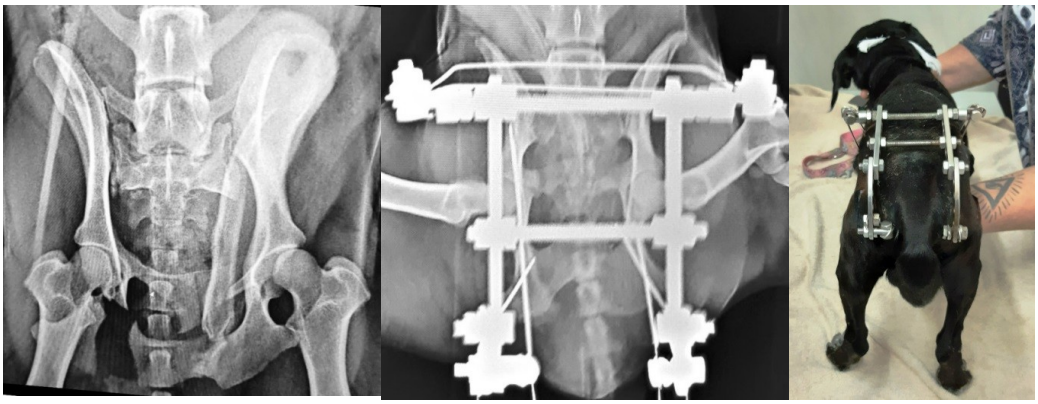
а *б* *в*

Рисунок 1 – Репозиция и фиксация отломков тела седалищной кости межкортикально проведённой спицей: а – схема дорсального оперативного доступа к телу седалищной кости (1 – крестцово-бугровая связка, 2 – внутренняя запирательная мышца, 3 – спица, соединяющая отломки тела седалищной кости); б – положение фрагмента и спиц перед репозицией отломков; в – положение фрагмента и спиц после репозиции отломков.

Далее способом «тупой препаровки» разъединяли подкожный слой. Захватывали край седалищной бурсы с внутренней запирательной мышцей, покрывающей поперечные борозды малой седалищной вырезки, и отводили их, обнажая отломки тела седалищной кости. Для удобства манипулирования каудальным отломком вводили одну или две консольные спицы в области седалищного бугра и пластинки. Консольную спицу, вводимую в области латерального седалищного буг-

ра, направляют на противоположный крестцово-подвздошный сустав. Спицу для фиксации отломков вводят от края пластинки седалищной кости (медиальный седалищный бугор) вдоль оси тазовой кости в межкортикальном пространстве (рис. 1, 2).

Очень важно сразу правильно установить спицу и задать ей нужное направление, ориентируясь на внешние пальпируемые ориентиры и обозреваемые при доступе отломки. По выходу конца спицы в зоне перелома определяют положение спицы и заданное ей направление. Если спица проведена, верно, то отломки сопоставляют и проводят её в краниальный отломок тела седалищной кости.



а *б* *в*

Рисунок 2 – Внешняя фиксация костей, отломков и сочленений при множественной травме таза у метиса спаниеля: а – вывихи крестово-подвздошных суставов, перелом тела седалищной кости и её пластинки слева, справа перелом ветви седалищной кости и перелом лонной кости; б – фиксация отломков, костей и сочленений таза; в – внешний вид собаки с аппаратом типа «салазки».

При правильном введении спицы фрагмент становится стабильным. При неправильном проведении спицы, её не удаляют сразу, так как велика вероятность попадания новой спицы в старый спицевой канал, а проводят другую рядом, откорректировав направление во всех плоскостях. При проведении спицы в теле седалищной кости, ввиду значительных размеров компактной кости может ощущаться тугое засверливание. При попадании спицы в тазобедренный сустав, ощущается сопротивление и скрежет. Для обнаружения попадания спицы в сустав, фиксированную тазовую конечность освобождают и выполняют вращательные движения головки бедренной кости. Если спица вошла в головку бедра, то движения отсутствуют. Если спица находится между головкой и сводом суставной впадины, то будут чувствоваться стук или скрежет. В таком случае спицу отводят назад, либо оставляют временно и рядом проводят другую, а первую затем удаляют. Если фрагмент становится стабильным, то далее выполняют рентгенографию в прямой и боковой проекции. Для большей жёсткости межкортикально введённую спицу можно проводить над сводом суставной впадины (рис. 2-б).

На рентгенограммах в двух проекциях (прямой и боковой) при правильном введении спицы иногда, спица кажется проведённой через суставную впадину или наличие внешних деталей иногда препятствует получению информативного снимка (рис. 2-б). В таком случае выполняют кособоковую проекцию и обязательно делают клиническую пробу на вращение головки бедренной кости в суставной

впадине.

Межкортикальное проведение спицы в тазовой кости с фиксацией отломков тела седалищной кости было осуществлено нами у 63 собак или в 52% случаев оперативного лечения, при нестабильных переломах тела седалищной кости в составе множественной травмы таза.

Сроки сращения переломов седалищной кости при плотном сопоставлении отломков у взрослых собак составляли 60±10 суток, у молодых (до года) 40±10 суток. Сроки репаративной регенерации седалищной кости ранее были экспериментально подтверждены [19]. Контрольную рентгенографию проводили у взрослых собак на 60-е сутки остеосинтеза. У собак до года на 40-е сутки. Сращение отломков оценивали по рентгенографии, опросу владельца о выполнении всех назначений, состоянии собаки и наличии функции тазовых конечностей во время остеосинтеза. В двух случаях срок остеосинтеза при фрагментарном переломе седалищной кости составил 90 и 120 суток в условиях замедленной патологической регенерации в виду не плотного контакта между отломками и отсутствия функции тазовой конечности со стороны повреждения таза.

Осложнения при межкортикальной фиксации наблюдали в трёх случаях. В одном случае фрагмент был фиксирован на внешнем устройстве одной спицей без консолей, что привело к прорезыванию тонкого кортикального слоя пластинки седалищной кости и смещению фрагмента и спицы в сагиттальной плоскости из-за сокращения полусухожильной и полуперепончатой мышцы. Во втором случае осуществлена фиксация фрагмента седалищной кости межкортикальной спицей и двумя консолями, но без фиксации таза в целом, что привело к деформации межкортикально проведённой спицы при сидении собаки. В третьем наблюдении межкортикально расположенная спица прошла в тазобедренном суставе по касательной суставной впадины, вследствие чего весь период фиксации функция сустава была ограничена. Межкортикально введённая спица должна всегда сопровождаться одной или двумя консольно введёнными спицами. Жёсткая межкортикальная фиксация отломков седалищной кости возможна лишь в условиях внешней фиксации таза в целом. Введение спицы в тазобедренный сустав недопустимо.

Сопоставление отломков седалищной кости при отсроченной репозиции (более 5 суток) у собак больших размеров иногда было крайне затруднительно и заканчивалось лишь стабилизацией фрагмента седалищной кости консольно введёнными спицами с целью исключения его дальнейшего смещения и подвижности.

Неврологических осложнений при фиксации отломков тела седалищной кости не наблюдали, так как используемый дорсальный оперативный доступ исключает контакт с седалищным нервом.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Переломы седалищной кости составляют наибольшее количество повреждений из всех травм таза и наблюдаются, как правило, при его множественной травме. Хирургическое восстановление седалищной кости и таза в целом должно обязательно проводиться при его показании.

Межкортикальное проведение спицы для фиксации отломков тела седалищной кости при малоинвазивном дорсальном оперативном доступе с последующим внешним чрескостным остеосинтезом обеспечивают хорошие результаты восстановления целостности седалищной кости, таза и окружающего органокомплекса в целом.

FIXATION OF ISCHIAL BONE FRAGMENTS FOR INSTABLE INJURIES OF THE PELVIS IN DOGS

Antonov N.I.* – Candidate of Biological Sciences, senior researcher (ORCID 0000-0002-8627-2749)

FSBI National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics of the RF Ministry of Health

*aniv-niko@mail.ru

ABSTRACT

Dogs with fractures of the ischial bones can be subjected to both – conservative treatment, in case of stable fractures, and operative treatment, in case of instable fractures. The techniques of fixation of the ischial bone fragments using epibone plates, rods, (drill) wires and wire are sufficiently well-known. The aim of this research Is to estimate the surgical treatment of dogs with instable fractures of the ischial bone using the technique of intercortical and transosseous introduction of wires and subsequent fixation with an external construct. The case reports and X-rays of 400 dogs with pelvic injuries were studied. Conservative treatment was performed in 280 dogs and surgical – in 120 ones. Ischial bone fractures made up 33% of all pelvic injuries, and were revealed in 74% dogs. There were found two of the most often noted combinations of pelvic injuries which included the ischial bone. Fixation of the fragments of the body of ischial bone was performed using a wire introduced inraosseously from the caudal end of the ischial bone plate along the pelvic bone axis together with transosseous osteosynthesis of pelvic bones and articulations using a device of external fixation. The intercortical introduction of wires in case of ischium body fractures in different combinations of pelvic injuries was made in 63 dogs or in 52% cases of surgical treatment. The periods of union of ischial bone fractures were in adult dogs 60±10 days on the average, in young dogs under one year – 30±10 days. The review of literature and the analysis of clinical results for instable ischial fractures demonstrated the validity of surgical treatment. The use of little-invasive surgical approach to the ischial body during reposition, and intraosseous fixation of fragments using an intercortically introduced wire simultaneously with rigid external fixation allows to achieve anatomic and stable alignment and according good results of repairing both ischium in particular, and pelvis on the whole.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Антонов Н.И. Смещения отломков при переломах седалищной кости у собак / Н.И. Антонов // Ветеринарная патология. 2019. № 2 (68). С. 22-28. https://www.vetpat.ru/jour/article/view/147/145

2. Денни Х.Р. Ортопедия собак и кошек / Х.Р. Денни, С.Д. Баттервоф; перев. с англ. М. Дорош, Л. Евелева. – М.: ООО «АКВАРИУМ БУК», 2004. 696 с.

3. Gait analysis in dogs with pelvic fractures treated conservatively using a pressure-sensing walkway / Vassalo F.G., Rahal S.C., Agostinho F.S., Mamprim M.J., Melchert A., Kano W.T., dos Reis Mesquita L., Doiche D.P. // Acta Vet Scand. 2015 Oct 5;57:68.https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26438541/

4. Применение транспедикулярной спинальной системы и блок-решетки при оперативном лечении посттравматической деформации таза: случай из практики и краткий анализ литературы / К.Л. Жалмагамбетов, С.О. Рябых, А.С. Жданов, А.В. Губин // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, No 1. С. 97-103. https://www.ilizarov-journal.com/jour/article/view/2608/2977

5. Song K.K. Sciatic neuropathy as a late complication of pelvic fractures in a dog / K.K. Song, D.J. Simpson // Australian Veterinary Practitioner. 2018. Vol. 48. N 2 P. 61-64. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36177436

6. Дуганец И.В. Подход к пациенту с переломами костей таза / И.В. Дуганец // Ветеринарный Петербург. 2020. №3. https://www.spbvet.info/zhurnaly/3-2020/podkhod-k-patsientu-s-perelomami-kostey-taza/

7. Антонов Н.И. Индивидуальный подход при выборе между консервативным и оперативным методами лечения собак с повреждениями таза / Н.И. Антонов // Ветеринарная патология. 2021. № 4 (78). С. 15-27. https://www.vetpat.ru/jour/article/view/76/76

8. Retrospective Assessment of Thirty-Two Cases of Pelvic Fractures Stabilized by External Fixation in Dogs and Classification Proposal / Flores J.A., Rovesti G.L., Gimenez-Ortiz L., Rodriguez-Quiros J. // Vet Sci. 2023 Nov; 10(11): 656. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10675007/

9. Johnson A.L., Houlton J.E., Vannini R., AO principles of Fracture Management in the Dog and Cat 2005. https://forvetargentina.com/wp-content/uploads/2022/04/AO_Principles_Dogs_Cats.pdf
10. Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair / Piermattei DL, Flo GL, DeCamp CE. Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, USA, 2006. 818 pp.
11. Андреев И.Д. Атлас оперативной хирургии для ветеринаров: атлас / И.Д. Андреев. М.: ГОЭТАР-Медиа. 2009. 224 с.
12. Management of pelvic fractures in dog / A. Sharma, Shivendra Kumar, L. L. Dass // Nigerian Veterinary Journal 2010 Vol 31(1): 76-79 https://www.semanticscholar.org/paper/Management-of-pelvic-fractures-in-dog-Sharma-Kumar/a914e1e9fecdd05bc15cb732cc82950c14e3cef2
13. Alexander J.E., Archibald J., Cawley J.A. Multiple fractures of the pelvis in small animals, Modern Veterinary Practice 1962, 43:33-36.
14. Способ остеосинтеза тазобедренного сустава при его травматических повреждениях у животных / Кирсанов К.П., Мельников Н.М., Борисов И.В., Кубрак С.А., Меньщикова И.А. Патент на изобретение RU 2197920 C2, 10.02.2003. Заявка № 2000125646/13 от 11.10.2000. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37908752_14370858.pdf
15. Антонов Н.И. Чрескостный остеосинтез у собак при множественных травмах таза с переломами подвздошных костей / Н.И. Антонов // Ветеринария Кубани. 2016. №6. С. 26-28. http://www.vetkuban.com/num6_201609.html
16. Антонов Н. И. Лечение переломов седалищной кости у собак методом чрескостного остеосинтеза собак / Н.И. Антонов, В.В. Краснов // Ветеринарная практика. 2008. № 3. С. 155-158. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12108828
17. Антонов Н.И. Рентгенологическая характеристика сращения поперечных переломов тела и ветви седалищной кости у собак при внешнем чрескостном остеосинтезе (экспериментальное исследование) / Н.И. Антонов, О.С. Новикова, К.П. Кирсанов // Ветеринарная патология. 2008. № 2 (25) - С. 13-16. https://www.vetpat.ru/jour/article/view/1334/1197
18. Антонов Н.И. Оперативные доступы к седалищной кости у собак / Н.И. Антонов // Ветеринарный доктор. 2008. № 7. С. 2-4.
19. Антонов Н.И. Морфофункциональные изменения органокомплекса таза и тазовых конечностей собак при переломах седалищной кости (экспериментально-морфологическое исследование) / диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Оренбургский государственный аграрный университет. Курган, Оренбург, 2009 https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19210277

REFERENCES

1. Antonov, N.I. Dislocations of fragments for fractures of ischium in dogs / N.I. Antonov // Veterinary Pathology. 2019;2 (68):22-28. https://www.vetpat.ru/jour/article/view/147/145 (In Russ.)
2. Denni, H.R. Orthopaedics of dogs and cats / H.R. Denni, S.D. Buttervof; transl. from English M. Dorosh, L Eveleva. – M.: OOO «AKVARIUM BUK», 2004: 696 p. (In Russ.)
3. Vassalo, F.G. Gait analysis in dogs with pelvic fractures treated conservatively using a pressure-sensing walkway / Vassalo F.G., Rahal S.C., Agostinho F.S., Mamprim M.J., Melchert A., Kano W.T., dos Reis Mesquita L., Doiche D.P. // Acta Vet Scand. 2015, Oct 5;57:68.https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26438541/
4. Zhalmagambetov, K.L. The use of the transpedicular spinal system and block-grid in surgical treatment of posttraumatic pelvic defromity: a case from practice and brief analysis of literature / K.L. Zhalmagambetov, S.O. Riabykh, A.S. Zhdanov, A.V. Gubin // Genij Ortopedii. 2021;27(1):97-103. https://www.ilizarov-journal.com/jour/article/view/2608/2977 (In Russ.)
5. Song, K.K. Sciatic neuropathy as a late complication of pelvic fractures in a dog / K.K. Song, D.J. Simpson // Australian Veterinary Practitioner. 2018; 48(2):61-64.

https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36177436
6. Duganets, I.V. The approach to a patient with fractures of pelvic bones / I.V. Duganets // Veterinary Petersburg. 2020. No 3. https://www.spbvet.info/zhurnaly/3-2020/podkhod-k-patsientu-s-perelomami-kostey-taza/ (In Russ.)
7. Antonov, N.I. An individual approach when choosing between conservative and surgical methods of treating dogs with pelvic injuries / N.I. Antonov // Veterinary Pathology. 2021:4(78): 15-27. https://www.vetpat.ru/jour/article/view/76/76 (In Russ.)
8. Flores, J.A. Retrospective Assessment of Thirty-Two Cases of Pelvic Fractures Stabilized by External Fixation in Dogs and Classification Proposal / J.A. Flores, G.L. Rovesti, L. Gimenez-Ortiz, J. Rodriguez-Quiros // Vet Sci. 2023 Nov; 10(11): 656. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10675007/
9. Johnson, A.L., Houlton, J.E., Vannini, R. AO principles of Fracture Management in the Dog and Cat. 2005.
10. Piermattei, D.L. Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair / Piermattei D.L., Flo G.L., DeCamp CE. Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, USA, 2006. 818 pp.
11. Andreev, I.D. Atlas of Operative Surgery for Veterinarians: Atlas / I.D. Andreev. M.: GOETAR-Media. 2009. 224 pp. (In Russ.)
12. Sharma, A. Management of pelvic fractures in dog / A. Sharma, Shivendra Kumar, L.L. Dass // Nigerian Veterinary Journal. 2010;31(1):76-79.
13. Alexander, J.E., Archibald, J., Cawley, J.A. Multiple fractures of the pelvis in small animals // Modern Veterinary Practice. 1962:43:33-36.
14. Kirsanov, K.P. The method of osteosynthesis of the hip for its traumatic injuries in animals / Kirsanov K.P., Melnikov N.M., Borisov I.V., Kubrak S.A., Menschikova I.A. Patent RU 2197920 C2, 10.02.2003. Application No 2000125646/13 of 11.10.2000. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37908752_14370858.pdf (In Russ.)
15. Antonov, N.I. Transosseous osteosynthesis in dogs for multiple pelvic injuries with fractures of iliac bones / N.I. Antonov // Veterinary Science of Kuban. 2016:6:26-28. http://www.vetkuban.com/num6_201609.html (In Russ.)
16. Antonov, N.I. Treatment of ischium fractures in dogs using the method of transosseous osteosynthesis for dogs / N.I. Antonov, V.V. Krasnov // Veterinary Practice. 2008:3:155-158. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12108828 (In Russ.)
17. Antonov, N.I. Roentgenological characteristics of the consolidation of transverse fractures of ischium body and branch in dogs for external transosseous osteosynthesis (experimental research) / N.I. Antonov, O.S. Novikova, K.P. Kirsanov // Veterinary Pathology. 2008;2 (25):13-16. https://www.vetpat.ru/jour/article/view/1334/1197 (In Russ.)
18. Antonov, N.I. Surgical approaches to ischium in dogs / N.I. Antonov // Veterinary Doctor. 2008:7:2-4. (In Russ.)
19. Antonov, N.I. Morphofunctional changes in the organocomplex of the pelvis and pelvic limbs of dogs with fractures of the ischium (experimental morphological study) / dissertation for the degree of candidate of biological sciences / Orenburg State Agrarian University. Kurgan, Orenburg, 2009 (In Russ.)

УДК: 621.384.3:617.577-07:636.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.373

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИЙ СТРЕЛКИ КОПЫТА У ЛОШАДЕЙ

Кириллов А.А.* – канд. ветеринар. наук, ветеринарный врач; **Стекольников А.А.** – д-р ветеринар. наук, проф., академик РАН (ORCID 0000-0002-9519-2839); **Макарова Е.С.** – ветеринарный врач.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

** Layka1981@mail.ru*

Ключевые слова: *термография, заболевания копыт, лошади, корреляция, гниение стрелки, теплокровные породы.*

Keywords: *thermography, hoof diseases, horses, correlation, arrow rot, warm-blooded breeds.*

Поступила: 25.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Здоровые копыта имеют большое значение для нормальной жизни лошади, они несут вес животного и амортизируют ударную силу при каждом движении, защищая суставы от повреждения. При нагрузке копыто усиливает кровоснабжение конечности. Проблемы с копытами могут привести к хромоте, вызывая дискомфорт у лошади и потенциально ведет к выходу из тренинга. Для оценки здоровья копыт существуют различные методы. В ветеринарной практике широко используются рентгенография, УЗИ, компьютерная томография — КТ, магнитно-резонансная томография — МРТ. Все эти методы требуют специального и дорогостоящего оборудования, а также физических манипуляций с лошадьми. Термография — это неинвазивный диагностический метод, который включает сканирование температуры поверхности животного для поиска областей, представляющих потенциальные сосудистые изменения. Поскольку термография является неинвазивным и недорогим методом, ее можно использовать для обнаружения ранних изменений до возникновения хромоты. Для проведения исследования в 2024 г. в условиях конноспортивных комплексов Санкт-Петербурга и Ленинградской области было отобрано 15 здоровых лошадей и 15 лошадей с диагнозом гниение стрелки. Проведено термографическое исследование по изучению температуры копыта со здоровой стрелкой и копыт с ее гниением. На основании проведенных исследований сделан анализ. Исследование показало, что у здоровых животных достоверных различий между парными копытами не обнаружено, в то время как у животных, имеющих гниение стрелки отмечено различие температуры. Сравнение групп при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни показал статистически значимое отклонение температуры с подошвенной поверхности в области стрелки у животных с её поражением.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Для оценки здоровья копыт существуют различные методы. В ветеринарной практике широко используются рентгенография, УЗИ, компьютерная томография — КТ, магнитно-резонансная томография — МРТ [1, 2, 5, 9, 10]. Все эти методы требуют специального и дорогостоящего оборудования, а также физических манипуляций с лошадьми. [5,8,10].

Термографическое исследование является безвредным методом [1, 4]. При термографическом методе исследуемая анатомическая область не подвергается рентгеновскому излучению, как при рентгенографии; не требуется помещения ее в электромагнитное поле, как при магнитно -резонансной томографии. Данный метод является бесконтактным, позволяющий проводить исследования опасных объектов и может дать представление о воспалительных процессах, влияющих на приток крови к дистальному отделу конечности [6].

Изучая литературные источники, было отмечено широкое применение термографии, как метод исследования при заболеваниях конечностей у лошадей с целью изучения изменения температуры различных отделов конечности при хромоте, поражениях сухожилий, абсцессах, ламините, новикулярном синдроме, травмах сухожилий. [3,4,7]. Отмечена единичная информация по исследованию температуры копыт у здоровых лошадей теплокровных пород. Но при этом отсутствуют данные по изучению температуры копыт лошадей непосредственно с гниением стрелки.

В связи с этим перед нами была поставлена **цель**: провести сравнительный анализ температуры здоровых копыт и копыт с поражением стрелки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили в 2024 году на базе конно-спортивных клубов Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Для исследования были подобраны лошади теплокровных пород. Контрольная группа 15 здоровых животных и опытная группа 15 голов с клиническими признаками гниения стрелки.

Предварительно перед обследованием изучали условия содержания, степень нагрузки при тренировочном процессе. Определяли сроки планового обслуживания копыт животных. Ректальная температура составляла от 37 до 38 °С у лошадей обеих групп.

Перед началом исследования лошади не подвергались тренировочному процессу.

Все животные были обследованы на наличие травм опорно-двигательного аппарата осмотром. Тест на сгибание для выявления хромоты у животных контрольной и опытной групп был отрицательный. При помощи щипцов пробников для копыт проводили обследование подошвы и стрелки на чувствительность.

При необходимости применяли механическую обработку пораженной стрелки.

Измерения для каждой лошади в исследовании проводились при температуре воздуха 18–26 °С без экстремальной жары или холода. Тепловые изображения и измерения были сделаны на расстоянии 0,5-1 м. Фокус прибора настраивали строго на исследуемую зону.

Сьемку проводили в сухом без сквозняков месте при отсутствии солнечных лучей. Обследуемые животные были чистыми и находились в помещении, где проводилось обследование не менее 30 мин.

Исследованию подвергались правое и левое (парные) копыта грудных и тазовых конечностей. Сьемку проводили с дорсальной поверхности копыта, а также с подошвенной поверхности в области стрелки.

Инфракрасное термографическое исследование проводили при помощи термографа для мобильных устройств Thermal Expert Q1 Plus | I3 Systems.

Статистический анализ проводили при помощи пакета статистических программ SPSS 26.0

Сравнение групп проводили при помощи непараметрического критерия Манна-

Уитни. Сравнение внутри групп проводили при помощи парного критерия Вилкоксона. Описательная статистика представлена в виде среднего, стандартного отклонения, медианы и квартилей. Критический уровень статистической значимости p = 0,05

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Входе исследования температуры копыта с дорсальной и с подошвенной поверхности в области стрелки у животных контрольной группы методом термографии достоверных различий не установлено (таб. 1, 2), (рис. 1, 2).

В таблице 1, 2 видно, что с дорсальной поверхности разница (дельта) температуры между парными копытами была равномерной и варьировалась от 0 до 0,3˚ , общая температура копыта1 среднем составила 31,1˚±2,1˚ , копыта2 31,1˚±2,1˚. Идентичная картина с равномерной температурой просматривается в области стрелки с подошвенной поверхности разница (дельта) которой варьировалась от 0 до 0,4˚ среднее значение общей температуры копыта1 составила 33,1˚±1,5˚ , копыта2 32,9˚±1,5˚.

В процессе исследования установлено достоверное изменение температуры копыта с дорсальной поверхности, а также в области стрелки с подошвенной поверхности у животных опытной группы, которые имели поражения стрелки (таб. 2, 3).

Так, у животных опытной группы в отличие от контрольной при обследовании копыта с дорсальной поверхности отмечено различие в температуры у 5 животных между парными копытами, т.е. здоровым и больным, разница (дельта) температуры между ними варьировалась от 0,2˚ до 2,2˚ среднее значение общей температуры копыта1 составило 29,3˚±2,7˚, копыта2 29,0˚±2,8˚ (таб. 2, 3), (рис. 3).

Изменение температуры в области стрелки с подошвенной поверхности между парными копытами в опытной группе отмечено у 15 животных. Разница между копытами (дельта) варьировалась в пределах от 0,1˚ до 2,2˚ среднее значение общей температуры копыта1 составило 32,7˚±2,0˚, копыта2 31,7˚±2,2˚ (таб. 2, 3), (рис. 4)

Таблица 1 – Температура копыта с дорсальной поверхности контрольной группы животных

Животные	Температура °С копыта 1 с дорсальной поверхности	Температура °С копыта 2 с дорсальной поверхности	Дельта	Температура °С копыта 1 в области стрелки	Температура °С копыта 2 в области стрелки	Дельта
1	28,8	28,8	0	30,6	30,7	0,1
2	29	28,9	0,1	32,8	32,5	0,3
3	28,4	28,2	0,2	30,3	30,7	0,4
4	28,4	28,4	0	32,7	32,5	0,2
5	32,3	32,3	0	33,6	33,6	0
6	31	30,8	0,2	31,9	31,9	0
7	30,9	31	0,1	33,9	33,8	0,1
8	32,7	32,6	0,1	34,2	34,4	0,2
9	32,5	32,8	0,3	35,1	35	0,1
10	32,3	32,3	0	33,6	33,6	0
11	29,2	29,2	0	30,4	30,1	0,3
12	33,7	33,7	0	34,7	34,5	0,2
13	34	34	0	33,6	33,5	0,1
14	29,3	29,3	0	33,7	33,7	0
15	34	34	0	33,6	33,5	0

Примечание: Копыто 1 и Копыто 2 – это парные копыта.

Таблица 2 – Описательная статистика

Группа животных		Копыто1 дорсальной поверхности	Копыто2 дорсальной поверхности	Дельта	Критерий Вилкоксона	Копыто1 в области стрелки	Копыто2 в области стрелки	Дельта	Критерий Вилкоксона
Контрольная	Количество животных	15	15	15	P=0,595	15	15	15	P=0,280
	Среднее	31,1 °C	31,1 °C	0,01		33,0 °C	32,9 °C	0,05	
	Среднеквадратическое отклонение	2,1	2,1	0,12		1,5	1,5	0,18	
	Медиана	31,0°C	31,0°C	0,00		33,6°C	33,5°C	0,10	
	Процентиль 25	29,0°C	28,9°C	0,00		31,9°C	31,9°C	0,00	
	Процентиль 75	32,7°C	32,8°C	0,10		33,9°C	33,8°C	0,20	
Опытная	Количество животных	15	15	15	P=0,043	15	15	15	P=0,001
	Среднее	29,3 °C	29,0 °C	0,33		32,7 °C	31,7 °C	0,97	
	Среднеквадратическое отклонение	2,7	2,8	0,65		2,0	2,2	0,66	
	Медиана	30,6°C	29,4°C	0,00		32,9°C	31,9°C	1,00	
	Процентиль 25	27,5°C	26,9°C	0,00		30,9°C	29,9°C	0,30	
	Процентиль 75	31,8°C	31,1°C	0,30		34,4°C	33,9°C	1,30	
	Критерий Манна Уитни	P=0,203				P<0,0001			

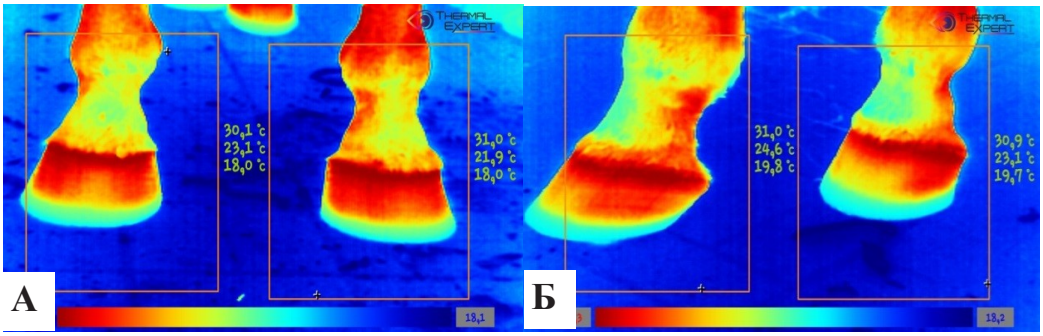


Рисунок 1 – Термографическое изображение с дорсальной поверхности здоровых копыт лошади. А-копыта грудных конечностей; Б-копыта тазовых конечностей.

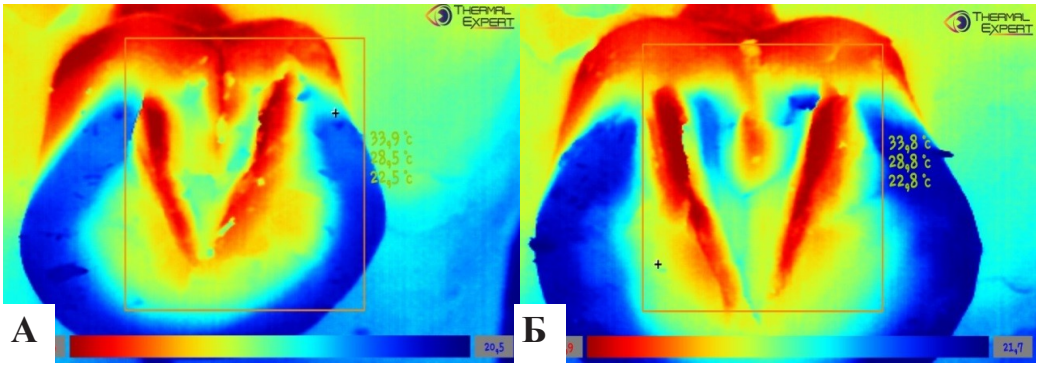


Рисунок 2 – Термографическое изображение с подошвенной поверхности в области стрелки у здоровых копыт лошади. А-правое копыто; Б-левое копыто.

Таблица 3 – Температура копыта с дорсальной поверхности опытной группы животных

Животные	Температура °С копыта 1 с дорсальной поверхности	Температура °С копыта 2 с дорсальной поверхности	Дельта	Температура °С копыта 1 в области стрелки	Температура °С копыта 2 в области стрелки	Дельта
1	**32**	31,1	0,9	**34,4**	33,4	1
2	**30,7**	29,4	1,3	**32,9**	31,9	1,3
3	**28,3**	28	0,3	**32,9**	32,1	0,8
4	**27,2**	25	2,2	**30,9**	28,7	2,2
5	26,9	26,9	0	**31,6**	30,8	0,8
6	32,5	32,5	0	**34,4**	34,3	0,1
7	31,8	31,8	0	**35,5**	34,4	1,1
8	32,8	32,8	0	**35,5**	34,2	1,3
9	27,4	27,4	0	**30,7**	29,9	0,8
10	27,6	27,6	0	**32,8**	30,6	2,2
11	**30,7**	30,5	0,2	**32,6**	32,4	0,2
12	31,1	31,1	0	**34,1**	33,9	0,2
13	30,6	30,6	0	**32,9**	31,9	1
14	25,2	25,2	0	**29,5**	27,9	1,6
15	24,4	24,4	0	**29,3**	29	0,3

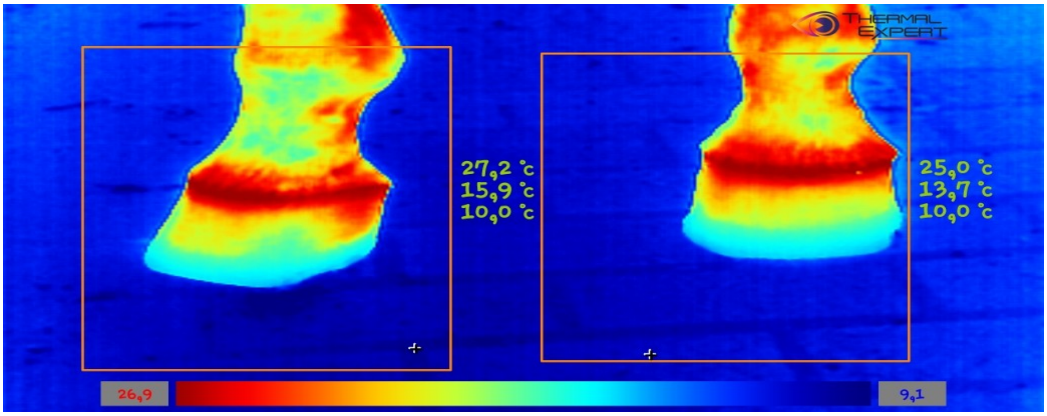


Рисунок 3 – Разница температуры копыт при гниении стрелки с дорсальной поверхности копыта лошади.

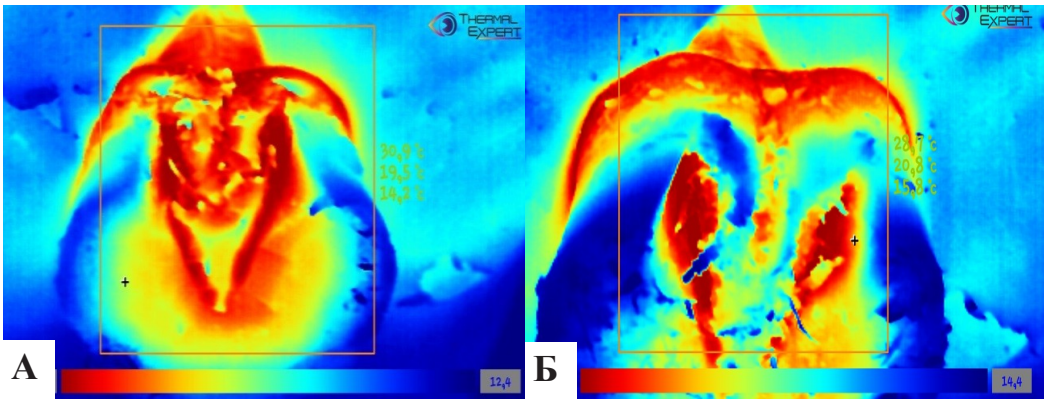


Рисунок 4 – Разница температуры копыт при гниении стрелки с подошвенной поверхности копыт лошади. А-правое копыто с гниением стрелки; Б-левое здоровое копыто.

На основании проведенных исследований и полученных данных сделан анализ.

Результат, полученный при сравнении группы здоровых животных и группы животных с поражениями стрелки показал достоверные различия температуры с подошвенной поверхности в области стрелки. Сравнение групп при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни показал не значимое изменение температуры с дорсальной поверхности P=0,203, в то время, как с подошвенной поверхности в области стрелки отмечено статистически значимое изменение P<0,0001.

Анализ результатов, полученных при внутригрупповом сравнении с применением критерия Вилкоксона показал, что у здоровых животных разница показателей температуры между парными копытами с дорсальной поверхности была незначительной P=0,595, пиковое значение разницы (дельты) ее составляла 0,3˚.

Так же не отмечено достоверных различий P=0,280 в данной группе при оценке температуры в области стрелки между парными копытами, где разница температуры (дельта) была в пределах до 0,4˚.

Данные результаты говорят о том, что здоровое животное равномерно распределяет нагрузку на все копыта, не испытывает дискомфорта и болевых ощущений

на копытах при опоре. Присутствие незначительной разницы температуры копыт в пределах до 0,4˚ между парными копытами можно объяснить влиянием внешних факторов окружающей среды, разницы температуры напольного покрытия при исследовании, а также присутствие незначительного движения воздуха. [8]

Противоположная картина просматривается у животных с поражением стрелки. При ее оценке с дорсальной поверхности и внутригрупповом сравнении парных копыт с использованием критерия Вилкоксона была установлена статистически достоверная разница P=0.043, дельта температуры доходила до 2,2˚.

Вместе с этим, достоверные различия P=0,001 установлены при исследовании температуры в области стрелки с её поражениями, где дельта температуры так же доходила до 2,2˚.

Такое локальное повышение температуры в области стрелки можно объяснить наличием воспалительного процесса, так называемого гниения стрелки. Присутствие данного процесса приводит к тому, что животное не полностью опирается на копыто с поражением стрелки, компенсируя это распределением веса тела на здоровые копыта. Как результат, копыта с поражением имеет большую температуру за счет увеличенного притока крови, в отличие от здоровых копыт, где приток крови уменьшается в следствии опоры и распределения на них излишнего веса с пораженного копыта [2].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результат проведенного исследования устанавливает стойкую корреляцию между наличием у лошадей воспаления стрелки копыта и отклонениями показаний термографического исследования пораженной конечности от референсных значений. На основании полученных результатов мы можем рекомендовать практическое применение термографической диагностики как доступный в полевых условиях метод подтверждения диагноза гниения стрелки копыта. Термографическое исследование дает возможность получить числовые показатели температурных отклонений и наглядное изображение патологических изменений, связанных с процессом воспаления, что позволяет задокументировать результаты диагностики и обеспечивает объективную оценку терапевтического ответа. Своевременное подтверждение диагноза и точная оценка ответа на терапию позволяют избежать хронизации гниения стрелки копыта, сократить сроки и стоимость лечения, что в свою очередь способствует сохранению работоспособности спортивной лошади необходимой для результативности тренировочного процесса.

PRACTICAL APPLICATION OF THERMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF HOOF ARROW PATHOLOGIES IN HORSES

Kirillov A.A.* – Candidate of Veterinary Sciences; **Stekolnikov A.A**. – Doctor of Veterinary Sciences; **Makarova E.S.** – Veterinarian.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* Layka1981@mail.ru

ABSTRACT

Healthy hooves are essential for the normal life of the horse, they carry the weight of the animal and cushion the impact force of each movement, protecting the joints from damage. Under load, the hoof increases blood flow to the limb. Hoof problems can lead to lameness causing discomfort to the horse and potentially leading to withdrawal from training. There are various methods for assessing hoof health. In veterinary practice, radiography, ultrasound, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) are widely used. All of these methods require special and expensive equipment, as well as physical manipulation of horses. Thermography is a non-invasive diagnostic technique that involves scanning the animal's surface temperature to look for areas representing potential vascular changes. Because thermography is non-invasive and inexpensive, it can be used to detect early changes

before lameness occurs. Fifteen healthy horses and 15 horses diagnosed with arrowroot rot were selected for the study in 2024 under the conditions of equestrian complexes in St. Petersburg and the Leningrad region. A thermographic study of hoof temperature with healthy arrowroot and hooves with arrowroot thrush was carried out. Analyses were made based on the studies. The study showed that in healthy animals there were no significant differences between paired hooves, while in animals with arrowhead thrush there was a difference in temperature. Comparison of groups using nonparametric Mann-Whitney test showed statistically significant deviation of temperature from the plantar surface in the area of the arrow in animals with arrow lesions.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Ковач М. Ортопедические заболевания лошадей. Современные методы диагностики и лечения. / М.: «Королевский издательский дом», 2013. С. 76-78.
2.Титова Е.В., Захаров А.Ю. Сравнить степень информативности современных методов диагностики спортивных лошадей // Международный вестник ветеринарии. 2022. №3. С. 279
3.Захаров А.Ю., Горохов В.Е., Нарусбаева М.А., Стекольников А.А., Барч К.И., Бокарев А.В. Флебографические и термографические исследования ламинита у лошадей после ортопедического подковывания копыт // Иппология и ветеринария. 2022. № 2 (44). С. 7-15.
4.Cristian Zaha,Evaluation of Thermal Changes of the Sole Surface in Horses with Palmar Foot Pain: A Pilot Study/ Larisa Schuszler, Roxana Dascalu // Biology. - 2023. No. 12(3). P. 423
5.Russell L. Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in Equine Musculoskeletal Conditions / Tucker M.S., Ronald D.S // Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 2001. –No.17. – P. 145–157.
6.Radaelli V. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications. / Bergero D., Zucca E., Ferrucii F., Costa L., Crosta L., Luzi F.// J. Equine Vet. Sci. 2014. – No.34. – P.345–350.
7.Turner T.A. Diagnosis and treatment of the navicular syndrome in horses. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1989. – No.5. – P.131 –144.
8.Turner T.A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1991. – No.7. – P.311–318.
9.Von Schweinitz D.G. Thermographic diagnosis in equine back pain. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1999. – No.15. – P.161–177.
10. Widmer W.R. Use of radiography, computed tomoraphy and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse / Buckwalter K.A., Fessler J.F., Hill M.A., Van Sickele D., Inavchevic S. //Vet. Radiol. Ultrasound. 2000. – No.41. – P.108–116.

REFERENCES

1.Kovacs M. Orthopaedic diseases of horses. Modern methods of diagnosis and treatment. / M.: ‘Royal Publishing House’, 2013. C. 76-78.
2.Titova E.V., Zakharov A.Yu. Compare the degree of informativeness of modern methods of diagnostics of sport horses // International Veterinary Gazette. 2022. №3. C. 279
3.Zakharov AY, Gorokhov VE, Narusbaeva MA, Stekolnikov AA, Barch KI, Bokarev AV Phlebographic and thermographic studies of laminitis in horses after orthopaedic shoeing hooves // Hippology and Veterinary Medicine. 2022. № 2 (44). C. 7-15.
4.Cristian Zaha,Evaluation of Thermal Changes of the Sole Surface in Horses with Palmar Foot Pain: A Pilot Study/ Larisa Schuszler, Roxana Dascalu // Biology. - 2023. No. 12(3). P. 423
5.Russell L. Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in Equine Musculoskeletal Conditions / Tucker M.S., Ronald D.S // Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 2001. –No.17. – P. 145–157.
6.Radaelli V. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications / Bergero D., Zucca E., Ferrucii F., Costa L., Crosta L., Luzi F.// J. Equine Vet. Sci. 2014. – No.34. – P.345–350.
7.Turner T.A. Diagnosis and treatment of

the navicular syndrome in horses. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1989. – No.5. – P.131 –144.
8. Turner T.A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1991. – No.7. – P.311 –318.
9. Von Schweinitz D.G. Thermographic diagnosis in equine back pain. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1999. – No.15. – P.161–177.
10. Widmer W.R. Use of radiography, computed tomoraphy and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse / Buckwalter K.A., Fessler J.F., Hill M.A., Van Sickele D., Inavchevic S. //Vet. Radiol. Ultrasound. 2000. – No.41. – P.108–116.

УДК: 619:616.9:616.596-002
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.382

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОПЫТНЫХ ВАНН ПРИ БОЛЕЗНЯХ ПАЛЬЦЕВ И КОПЫТЕЦ У КОРОВ

Лукина Г.Р. – мл. науч. сотр. (ORCID 0009-0006-1007-3782); **Хузин Д.А.** – д-р биол. наук, доцент, главный научный сотрудник (ORCID 0000-0002-2338-4997); **Тарасова Е.Ю.*** – канд. биол. наук, зав. лабораторией ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Юсупов С.А.** – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-1333-2974); **Потехина Р.М.** – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-9395-8327); **Быкова П.В.** – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3636-0633).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

* evgenechka1885@gmail.com

Ключевые слова: ущерб, экономическая эффективность, сухие копытные ванны, крупный рогатый скот, болезни пальцев и копытец

Key words: damage, economic efficiency, dry foot baths, cattle, toe and foot diseases

Поступила: 11.01.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Целью работы являлось определение лечебно-профилактической и экономической эффективности применения, разработанного сотрудниками ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» средства «СВ» для копытных ванн, в условиях сельхозпредприятия, неблагополучного по болезням пальцев и копытец. При курсовом использовании таких ванн в течение 20 дней количество хромых коров в подопытной группе снизилось на 69,57 %, в группе сравнения, где проводили ванны с использованием 10 %-ного раствора медного купороса – на 34,78 %, тогда как в контрольной (интактной) группе количество хромых коров увеличилось на 45,83 %. Был также проведен расчет ущерба от болезней пальцев и копытец по таким показателям, как: недополученное молоко, снижение живой массы и преждевременная выбраковка животных, снижение выхода приплода, увеличение сервис-периода, которые существенно препятствуют получению большей прибыли и результативности производственной деятельности сельхозпредприятия. Определена эффективность проводимых мероприятий против этих болезней при сравнительном испытании традиционных «влажных» и ванн с разработанным нами средством. При этом экономический ущерб от болезней пальцев и копытец, и затраты на проведение ветеринарных мероприятий с использованием средства «СВ» оказались минимальными, а экономический эффект максимальным. Экономическая эффективность применении «СВ» составила 2,2 рубля на рубль затрат. Экономия материальных затрат при применении средства «СВ» в подопытной группе по сравнению с использованием 10 %-ого раствора медного купороса составила 856 000 руб. Таким образом разработанное средство позволило в короткие сроки с наименьшими затратами оздоровить подопытное поголовье. Результаты исследований, позволили ру-

ководству сельхозпредприятия более детально увидеть проблему и в дальнейшем своевременно принимать решения по недопущению, устранению и (или) минимизации ущерба от болезней пальцев и копытец крупного рогатого скота.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Болезни пальцев и копытец незаразной (травмы, ламинит, пододерматит, лимакс, болезнь белой линии, язвы Рустерхольца и др.) и заразной (некробактериоз, пальцевый дерматит, микст-инфекции) этиологии чаще всего возникают спонтанно, постепенно и незаметно, поэтому какое-то время (до приобретения массового характера и тяжелых формы течения) они остаются без должного внимания обслуживающего персонала [1-6]. Пусковым механизмом этих болезней в большинстве случаев являются механические повреждения целостности кожных покровов и глубжележащих тканей в области копытец, обусловленные нарушениями в содержании, кормлении и эксплуатации животных [7-11].Очень важно своевременно купировать этот механизм, однако, в условиях производства сделать это достаточно сложно, поэтому болезни пальцев и копытец постепенно приобретают массовый характер, нанося весьма ощутимый экономический ущерб сельхозпредприятию, который может составлять более 25 тыс. рублей от одной коровы в год. [12]. В связи с этим сотрудниками ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» для своевременного предупреждения развития воспалений и инфекционного процесса в области пальцев и копытец было разработано средство «СВ» (в виде мелкодисперсного порошка) для группового использования в копытных ваннах и индивидуальной обработки дистального отдела конечностей, с помощью дустера или методом присыпания. Ранее нами проведена оценка переносимости дойными коровами средства «СВ» для использования в копытных ваннах [13].

В неблагополучных сельхозпредприятиях обычно определяют процент клинически больных или «коэффициент заболеваемости» животных, который получают делением количества заболевших животных в условиях естественного течения болезни на количество восприимчивых животных в стаде, где по тем или иным причинам предварительно не проводились профилактические мероприятия [14, 15]. Этот коэффициент всегда используют при определении ущерба, предотвращенного благодаря осуществлению профилактических и оздоровительных мероприятий на поголовье определенной группы скота (дойного стада, телок, нетелей, ремонтного молодняка и откормочных бычков), но, к сожалению, при подведении итогов деятельности сельхозпредприятия экономисты, зачастую не берут во внимание те факты (недополученное молока, живая масса, преждевременная выбраковка, потери молодняка, увеличение сервис-периода и пр.), которые препятствовали получению большей прибыли и большей результативности производственной деятельности из-за какой-либо болезни, в частности, болезней пальцев и копытец. Между тем именно оценка экономической эффективности лечебно-профилактической работы в определенных группах скота помогает вовремя выявить причины их спада и принять меры по своевременной ликвидации болезней на ранних стадиях их развития. В связи с этим, целью работы являлось определение лечебно-профилактической и экономической эффективности использования средства «СВ» для сухих копытных ванн в условиях сельхозпредприятия, неблагополучного по болезням пальцев и копытец.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Оценку эффективности копытных ванн с использованием порошка «СВ» проводили по результатам клинического исследования поголовья крупного рогатого скота, анализируя динамику распространения болезней дистального отдела конечностей до и после применения этого средства в сравнении с использованием 10%- ного раствора медного купороса, в

строго контролируемых подопытных группах скота в одном из неблагополучных сельхозпредприятий Нижегородской области. Для этого были сформированы 2 подопытные и контрольная группы животных, имеющих разный клинический диагноз (пальцевый дерматит, язва мякиша, язва свода межкопытцевой щели, язва Рустерхольца, пододерматит, травмы) и степень тяжести (легкая, средняя, тяжелая) болезней пальцев и копытец.

В данном сельхозпредприятии общее поголовье крупного рогатого скота составляет 1760 голов, 615 дойных коров содержат на привязи в типовых четырехрядных коровниках ангарного типа, молодняк в телятниках, телки случного возраста на привязи в двухрядных коровниках. Уборка навоза осуществляется ТСН-160Н. Рядом с животноводческими помещениями расположены небольшие карды для выгона животных, которые частично имеют твердые покрытия. Массовые болезни дистального отдела конечностей регистрируются более 15 лет. Процент заболеваемости скота болезнями пальцев и копытец в эти годы составлял от 15 до 45 %.

Результаты применения копытных ванн в подопытных группах (по 70 голов в каждой) сравнивали между собой и контрольной группой, где ванны не применяли. Процесс лечения животных фиксировали в «Ортопедическом журнале».

В состав средства «СВ» для использования в копытных ваннах входят активно действующие вещества, обладающие выраженными фунгицидными, бактерицидными, адсорбционными и противовоспалительными свойствами (соли меди и цинка, поливиниловый спирт, бензолсульфохлорамид натрия, неорганические адсорбенты и др.).

Подопытных животных первой группы прогоняли через копытные ванны, заполненные средством «СВ» высотой 7-8 см (так чтобы порошок доходил до свода межкопытцевой щели), который подсыпали в дальнейшем по мере расхода средства. Ванны устанавливали на выходе в кардy, так, чтобы каждая конечность гарантированно попадала в порошок с средством «СВ». Животных подопытных групп прогоняли через ванны сразу после дойки в течение 20 дней (утром и вечером). Контрольную (третью) группу через ванны не прогоняли. После проведения копытных ванн проводили микробиологические исследования биологического материала, отобранного от оставшихся в подопытных группах хромых животных.

Процент заболеваемости скота с патологиями пальцев и копытец определяли по данным «Ортопедических журналов» работы ортопедов сельхозпредприятия. Методика расчета показателей эффективности проводимых мероприятий главным образом была основана на определении эффективности лечебно-профилактических мероприятий в двух подопытных и контрольной группах и сопоставлении предотвращенного ущерба с затратами на проведение мероприятий и понесенным экономическим ущербом.

Для расчета и анализа экономического ущерба использовали доступные для нас показатели ущерба, причиняемого болезнями до проведения профилактики и лечения животных (убытки от вынужденного убоя животных, снижения продуктивности, основных материальных затрат на проведение ветеринарных мероприятий) и после использования средства «СВ» в сравнении с общепринятыми ваннами с 10 % раствором медного купороса, определяя экономию материальных затрат и экономическую эффективность на рубль затрат

По данным отечественных и зарубежных исследователей основной экономический ущерб от болезней пальцев и копытец складывается из среднестатистических показателей: выбраковки животных (35 %), уменьшения молочной продуктивности (20 %), снижения выхода телят (16 %), увеличения сервис-периода в 2 раза (120 дней) [16]. Эти сведения мы использовали для быстрого расчета экономического ущерба и эффективности проводимых мероприятий, определяя: количество маточного поголовья (общего по сельхозпредприятию и отдельно по подопыт-

ным группам), число больных животных (всего и по подопытным группам), цены на препараты (средство «СВ» – 102 руб./кг и медный купорос – 450 руб./кг), рыночные цены 2024 года (теленка – 8 тыс. руб./гол, молоко – 37 руб./кг, говядина – 380 руб./кг).

Экономический ущерб, причиненный болезнями пальцев и копытец всему маточному поголовью сельхозпредприятия и животным подопытных групп в отдельности рассчитывали по следующим показателям:

1. Снижение молочной продуктивности (Мп) от одной больной коровы вычисляли по формуле,

$$Мп = а \cdot х \cdot в \quad (1)$$

где, а – поголовье, гол;

х – недополученное молоко, кг;

в – закупочная цена молока, руб.

2. Потери от снижения выхода приплода (Пп) вычисляли по формуле,

$$Пп = а \cdot 0{,}16 \cdot г \quad (2)$$

где, а – поголовье, гол;

г – цена теленка, руб.

3. Убыток от увеличения сервис-периода в 2 раза (Усп) вычисляли по формуле ,

$$Усп = а \cdot 120 \cdot 0{,}5 \cdot в \quad (3)$$

где, а – поголовье, гол;

в – закупочная цена молока, руб.

4. Выбраковку коров (Вк) вычисляли по формуле ,

$$Вк = а \cdot 0{,}35 \cdot 500 \cdot д \quad (4)$$

где, а – поголовье, гол;

д – закупочная цена мяса, руб.

Материальные затраты на профилактику и лечение складывались из стоимости средств для ванн, количества использованных средств, времени использования средства, количества животных, подвергнутых воздействию средства.

Расчет материальных затрат (Мз) при использовании копытных ванн проводили формуле,

$$Мз = \frac{М \cdot Ц \cdot Т}{Г} \quad (5)$$

где М – количество использованных средств для ванн, кг;

Ц – цена единицы использованных средств, руб.;

Т – время использования средства;

Г – количество животных, подвергнутых воздействию средства, гол.

Экономический эффект (Эв), полученный в результате проведения копытных ванн в подопытных группах рассчитывали по формуле ,

$$Эв = Пу - Зв \quad (6)$$

где Пу – предотвращенный экономический ущерб;

Зв – затраты на проведение копытных ванн.

Экономическую эффективность на рубль затрат (Эр) определяли, как отношение экономического эффекта к сумме затрат по формуле,

$$Эр = \frac{Эв}{Зв} \quad (7)$$

где Эв – экономический эффект;

Зв – затраты на проведение копытных ванн.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты испытания копытных ванн с использованием порошка «СВ» в производственных условиях представлены в таблице 1.

После проведения мероприятий в первой группе осталось 7 хромых, во второй – 15, в третьей – количество хромых коров увеличилось до 35.

Таким образом, после курсового применения копытных ванн в течение 20 дней хромых коров стало значительно меньше, т.к. гнойно-некротические процессы в области пальцев и копытец прекратились, тогда как в контрольной группе количество хромых коров значительно увеличилось.

При использовании средства «СВ» на подопытных животных, находящихся в разном физиологическом состоянии (предслучной, случной, пред- и послеотельный периоды, разных сроках стельности) и разных периодах лактации

(молозивный, разгар, спад лактации) каких-либо побочных реакций не отмечали. В ходе клинического исследования средство «СВ» не оказывало влияния на исход и течение беременности, не имело периода ожидания по молоку, не влияло на количество и качества выдаиваемого молока.

Копытные ванны с использованием средства «СВ» не требует дозирования при применении как в целях профилактики, так и лечения. Эффективная кратность группового и индивидуального применения средства «СВ» зависит от степени поражений пальцев и копытец и количества больных животных в обрабатываемой группе. Чем больше количество больных животных со средней и тяжелой степенью поражения, тем больше кратность обработки. Кратность применения средства «СВ» с профилактической целью зависит от клинико-эпизоотической ситуации в сельхозпредприятии.

В биологическом материале, отобранном от оставшихся в подопытных группах хромых животных после применения ванн с средством «СВ», отмечали отсутствие аэробных и анаэробных бактерий и микроскопических грибов. Активно действующие и вспомогательные вещества, входящие в состав средства «СВ» способствовали прекращению перезаражения восприимчивых животных ассоциациями бактерий и микромицет, передающихся от одной особи к другой при травмах и ненадлежащем санитарно-гигиеническом состоянии напольных покрытий помещений.

Расчет экономического ущерба и экономии материальных средств в подопытных группах при применении копытных ванн представлен в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты сравнительного испытания копытных ванн в неблагополучном сельхозпредприятии

Группа	Количество коров в группе	Количество коров с БПК в группе	
		До ванн	После ванн
Коровник №1 («СВ»)	70	23	7
Коровник №2 (10 % р-р медного купороса)	70	23	15
Коровник №3 (без ванн)	70	24	35

Ущерб от снижения молочной продуктивности при удое 5 000 кг – 20 % или 1000 кг от одной больной коровы составили: по маточному поголовью всех опытных групп (70 голов больных х 1000 кг х 37 рублей закупочная цена =**2590000** рублей от потери молока). Соответственно в опытных группах до проведения мероприятий ущерб от снижения молочной продуктивности составлял:

В 1-ой группе – 23 голов больных х1000 кг х 37 рублей =**851000 руб**.

Во 2 -ой группе – 23 голов больных х1000 кг х 37 рублей =**851000** руб.

В 3-ей группе – 24 голов больных х1000 кг х 37 рублей =888000 руб.

После проведения мероприятий эти потери составили:

В 1-ой группе – 7 голов больных х1000 кг х 37 рублей =**259000** руб.

Во 2-ой группе – 15 голов больных х1000 кг х 37 рублей =**555000** руб.

3-ей группа – 35 голов больных х1000 кг х 37 рублей =1295000 руб.

Потеря от снижения выхода приплода:

70 больных коров х 16 % потеря телят = 11,2 недополучено телят.

11,2 недополученных телят х 8 000 рублей стоимость теленка = **89600** рублей потери от недополученных телят.

До проведения мероприятий ущерб от недополученных телят составлял:

В 1-ой группе – 23 голов больных х

0,16 х 8000 рублей =**29440 руб**.

Во 2-ой группе – 23 голов больных х 0,16 х 8000 рублей =**29440 руб.**

В 3-ей группе – 24 голов больных х 0,16 х 8000 рублей =30720 руб.

После проведения мероприятий:

В 1-ой группе – 7 голов больных х 0,16 х 8000 рублей =**8960** руб.

Во 2-ой группе – 15 голов больных х 0,16 х 8000 рублей =**19200** руб.

В 3-ей группе – 35 голов больных х 0,16 х 8000 рублей =44800 руб.

Убыток от увеличения сервис-периода в 2 раза:

70 больных коров х 120 дней сервис-период = 8400 дней сервис-периода.

8400 дней сервис-периода х 0,5 л потерянного молока = 4200 кг потерянного молока.

4200 кг потерянного молока х 37 рублей закупочной цены = **155400** рублей потери от увеличения сервис-периода.

До проведения мероприятий потери от увеличения сервис-периода составили:

В 1-ой группе – 23 голов больных х120 х 0,5х37 =**51060** руб.

Во 2-ой группе – 23 голов больных х120 х 0,5 х37 = **51060** руб.

В 3-ей группе – 24 голов больных х120 х 0,5 х37 =53280 руб.

После проведения мероприятий:

В 1-ой группе – 7 голов больных х120 х 0,5 х37 =**15540** руб.

Во 2-ой группе – 15 голов больных х120 х 0,5 х37 =**33300** руб.

В 3 -ей группе – 35 голов больных х120 х 0,5 х37 =77700 руб.

Выбраковка коров (35 %):

70 голов больных коров х 35 % выбраковки = 24,5 голов выбракованных коров.

24,5 выбракованных коров х 500 кг живой массы = 12250 кг живой массы

12250 кг живой массы х 380 рублей закупочной цены = **4655000** рублей ущерба от выбраковки коров.

До проведения мероприятий потери от выбраковки:

В 1-ой группе – 23 голов больных х0,35 х 500 х380 =**1529500** руб.

Во 2-ой группе – 23 голов больных х0,35 х 500 х380 =**1529500** руб.

В 3-ей группе – 24 голов больных х0,35 х 500 х380 =1596000 руб.

После проведения мероприятий:

В 1-ой группе – 7 голов больных х0,35 х 500 х380 =**465500** руб.

Во 2-ой группе – 15 голов больных х0,35 х 500 х380 =**997500** руб.

В 3-ей группе – 35 голов больных х0,35 х 500 х380 =2327500 руб.

Таким образом, общий ущерб от болезни пальцев и копытец во всех опытных группах вместе (70 гол) составил: (2590000 рублей от потери молока + 89600 от недополученных телят +155400 рублей от увеличения сервис-периода + 4655000 рублей от преждевременной выбраковки коров). Итого: **7490000 (семь миллионов четыреста девяноста тысяч) рублей.**

До проведения мероприятий с использованием средства «СВ» ущерб от 23 больных коров в первой подопытной группе составлял (851000+29440+51060+1529500=**2461000** (два миллиона четыреста шестьдесят одна тысяча) рублей. После проведения мероприятий с использованием средства «СВ» ущерб от 7 больных коров в первой подопытной группе составил (259000+8960+15540+465500) =**749000 (семьсот сорок девять тысяч) рублей**.

Во второй подопытной группе до применения ванн с 10 % р-ром медного купороса ущерб составлял **2461000,** а после применения **(**от 15 больных коров) составил (555000+19200+33300+997500) = **1605000 (один миллион шестьсот пять тысяч**) рублей.

Ниже представлен развернутый расчет оценки материальных затрат на применение ванн с «СВ» и 10 % р-ром медного купороса:

– 200л ванна 10% р-р медного купороса 20кг х 450р/кг=9000х20дн=180000 руб : 23=7826,08х15=11739,2 рубля

– 200л ванна с «СВ» 100 кг х102р/кг-10200х20дн=204000 руб: 23=8869,57 руб.х7=62086,96 руб

Сумма материальных затрат и ущерба в группе, где проводили ванны с «СВ» составила: 20 дней х 50 кг = 1000 кг = 40

мешков х 2550 руб. = 102000: 23 гол. = 4434,8 руб. х 7 гол. = 31043,6 + 749000 = **780043,6 руб**., а в группе, где использовали 10 % р-р медного купороса составила: 20 дней х 20 кг=400 кг х 450 руб. = 180000: 23 гол.=7826,1 руб. х 15 гол.= 117391,5 + 1605000 = **1722391,5 руб**.

Экономия материальных и трудовых затрат при применении средства «СВ» по сравнению с 10 % р-м медного купороса составила: 1605000 - 749000 = **856000 рублей.**

Экономическая эффективность применении «СВ» составила: (2461000-749000):749000 = **2,2 рубля**, а от применения влажных копытных ванн с медным купоросом **0,51 рубль на рубль затрат**.

Таблица 2 – Оценка экономического ущерба и экономии материальных средств в подопытных группах при применении копытных ванн

Показатели	Подопытные группы				
	«СВ»		10% р-р медного купороса		Контроль
	до	после	до	после	
Кол-во больных коров, гол **(а)**	23	7	23	15	24
Удой, кг **(б)**	5000 (20%) = 1000				
Цена 1 л молока, руб. **(в)**	37				
Цена теленка, руб. (**г)**	8000				
Цена говядины, руб**. (д**)	380				
Снижение молочной продуктивности (20 %), руб. **(1)**	851000	259000	851000	555000	888000
Потери приплода (16 %), руб. **(2)**	29440	8960	29440	19200	30720
Убыток от увеличения сервис-периода в 2 раза **(3)**	51060	15540	51060	33300	53280
Убыток от выбраковки (35 %) **(4)**	1529500	465500	1529500	997500	1596000
Ущерб по группе, руб.	**2461000**	**749000**	**2425480**	**1605000**	
Дни лечения	20		20		
Количество средства, кг	100		20		
Цена «СВ», кг	102		450		
Материальные затраты (М), руб.	**11739,2**		**62086,96**		
Материальные затраты + ущерб, руб.	**760739,2**		**1667086,96**		
Экономия материальных затрат, руб.	**856000**				
Экономическая эффективность на рубль затрат	**2,29**				

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты испытания нового комплексного средства «СВ» для использования в копытных ваннах свидетельствуют о его высокой профилактической, терапевтической и экономической эффективности, превосходящих общепринятое средство групповой профилактики в виде ванн с 10 % раствором медного купороса. Курсовое применении копытных ванн с использованием средства «СВ» в течение 20 дней снизило количество хромых коров на 69,57 %, тогда как в контрольной группе количество хромых коров увеличилось на 45,83 %. В группе где применяли ванны с 10% раствором медного купороса количество хромых коров снизилось на 34,78 %. Таким образом разработанное

средство в короткие сроки способствовало оздоровлению поголовья. Групповое использование средства «СВ» для копытных ванн снижает трудозатраты, не требует строгого дозирования, легко внедряется в технологию ведения скотоводства и общий комплекс лечебно-профилактических мероприятий при заболеваниях дистального отдела конечностей, увеличивает сроки хозяйственного использования продуктивных животных, не имеет периода ожидания по молоку и мясу, не приводит к развитию резистентности патогенных микроорганизмов и повышает рентабельность отрасли. Экономическая эффективность применении «СВ» в опытной группе составила 2,2 рубля на рубль затрат**.** Экономия материальных затрат при применении средства «СВ» по сравнению с группой, где использовали 10 % медный купорос составила 856000 рублей. Результаты исследований, помимо оценки лечебно-профилактической и экономической эффективности ванн с использованием средства «СВ», позволили руководству сельхозпредприятия более детально увидеть проблему и в дальнейшем своевременно принимать решения по недопущению, устранению и (или) минимизации ущерба от болезней пальцев и копытец крупного рогатого скота.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF HOOF BATHS FOR DISEASES OF FINGERS AND HOOFS IN COWS

Lukina G.R. – Junior Researcher (ORCID 0009-0006-1007-3782); **Khuzin D.A.** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-2338-4997); **Tarasova E.Yu. *** – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Veterinary Sanitation (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Yusupov S.A.** – Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0002-1333-2974); **Potekhina R.M.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-9395-8327); **Bykova P.V.** – Junior Researcher (ORCID 0000-0003-3636-0633).

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety

* evgenechka1885@gmail.com

ABSTRACT

The aim of the work was to determine the therapeutic and preventive and economic efficiency of using the "SV" product for dry hoof baths developed by the staff of the Federal State Budgetary Institution “FCTRB-VNIVI” in the conditions of an agricultural enterprise unfavorable for diseases of fingers and hooves. With the course use of such baths for 20 days, the number of lame cows in the experimental group decreased by 69.57%, in the comparison group, where baths were carried out using a 10% solution of copper sulfate - by 34.78%, while in the control (intact) group the number of lame cows increased by 45.83%. The damage from diseases of the fingers and hooves was also calculated based on such indicators as: lost milk, decreased live weight and premature culling of animals, decreased offspring yield, increased service period, which significantly hinder the receipt of greater profit and the effectiveness of the production activities of the agricultural enterprise. The effectiveness of the measures taken against these diseases was determined during a comparative test of traditional "wet" and baths with the product developed by us. At the same time, the economic damage from diseases of the fingers and hooves, and the costs of veterinary measures using the "SV" product were minimal, and the economic effect was maximum. The economic efficiency of using "SV" was 2.2 rubles per ruble of costs. Savings in material costs when using the "SV" product in the experimental group compared to using a 10% solution of copper sulfate amounted to 856,000 rub. Thus, the developed product made it possible to improve the health of the experimental livestock in a short time with minimal costs. The results of the research, allowed the management of the agricultural enterprise to see the problem in more detail and in the future to make timely decisions on preventing, eliminating and (or)

minimizing damage from diseases of the fingers and hooves of cattle.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Физиологический статус крупного рогатого скота при пододерматитах / О. А. Столбова, Н. А. Зырянова, А. А. Ряднов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 114. – С. 322-328. – DOI 10.21515/1999-1703-114-322-328. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=77734801
2. Диагностика, лечение и профилактика некробактериоза крупного рогатого скота / А. Г. Кощаев, Н. Н. Гугушвили, Т. А. Инюкина [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 251-257. – DOI 10.21515/1999-1703-112-251-257. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=69186243
3. Сочетанные патологии дистального отдела конечностей у коров молочного направления продуктивности / С. В. Позябин, Е. Н. Борхунова, В. В. Белогуров [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 2. – С. 362-371. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.2.362. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=68597317
4. Invited review: Prevalence, risk factors, treatment, and barriers to best practice adoption for lameness and injuries in dairy cattle: A narrative review / S.M. Roche, D.L. Renaud, J. Saraceni [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2023. № 23. – P. 0022-0302. – DOI 10.3168/jds.2023-23870. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38101730/
5. Анализ эпизоотической ситуации по инфекционным болезням пальцев и копытец крупного рогатого скота в отдельных регионах Российской Федерации / Д. А. Хузин, Е. Ю. Тарасова, Р. М. Потехина [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 1. – С. 33-40. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.33. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=67347103
6. Анализ рынка дезинфицирующих средств, используемых в отдельных животноводческих хозяйствах Приволжского федерального округа / Е. Ю. Тарасова, А. М. Тремасова, Д. А. Хузин [и др.] // Ветеринарный врач. – 2022. – № 3. – С. 58-66. – DOI 10.33632/1998-698X.2021_58_66. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48700867
7. Роль сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов в возникновении и распространении оппортунистических инфекций крупного рогатого скота / Д. А. Хузин, С. А. Юсупов, А. И. Ерошин [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 252, № 4. – С. 267-272. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_252_267. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49843434
8. Towards potential antifungal agents: synthesis, supramolecular self-assembly and in vitro activity of azole mono-, sesqui- and diterpenoids / A. Akhmedov, R. Gamirov, Yu. Panina [et al.] // Organic & Biomolecular Chemistry. – 2023. – Vol. 21, No. 23. – P. 4863-4873. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=53959743
9. Оценка ультраструктурных изменений Fusobacterium necrophorum под воздействием средств, применяемых для групповой профилактики болезней дистального отдела конечностей копытных животных / К. В. Перфилова, Г. С. Кашеваров, В. Р. Саитов [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 153-158. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=50745274
10. Нехайчик, Ф. М. Коррозионная активность и пенообразующая способность нового дезинфицирующего препарата / Ф. М. Нехайчик, Д. Н. Мингалеев // Ветеринарный врач. – 2022. – № 1. – С. 26-30. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-1-26-30. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48060758
11. Изучение антимикробной активности новых дезинфицирующих средств из группы четвертичных аммониевых соединений / Ф. М. Нехайчик, Д. Н. Мингалеев, Л. Е. Матросова [и др.] // Ученые записки

Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2020. – Т. 244, № 4. – С. 134-138. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-134-138. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44300648

12. Сайтханов, Э. О. Изучение частоты регистрации и характера патологии копытец в животноводческом хозяйстве с беспривязным содержанием / Э. О. Сайтханов, Д. С. Беседин, А. В. Рудная // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 3(39). – С. 62-67. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35721858

13. Оценка переносимости дойными коровами средства «СВ» для сухих копытных ванн / Д. А. Хузин, Е. Ю. Тарасова, Р. М. Потехина [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 3. – С. 126-135. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.3.126. Режим доступа: https://spbguvm.ru/wp-content/uploads/2024/12/MVV_3-2024_tsvet_isprav.pdf.

14. Лазовский, В. А. Определение экономической эффективности ветеринарных мероприятий: рекомендации / В. А. Лазовский, Д. Д. Морозов; Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск: Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины ", 2019. – 48 с. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46502543

15. Организация и экономика ветеринарного дела: Практикум для студентов высших учебных заведений / И. Н. Никитин, В. Ф. Воскобойник, Н. М. Василевский [и др.]. – Москва: Издательство "Колос», 1998. – 191 с. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=52694342

16. Методические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике некробактериоза, пальцевого дерматита и болезней копытец крупного рогатого скота незаразной этиологии / Д. А. Хузин, Х. Н. Макаев, А. И. Никитин, А. Н. Чернов. – Москва: Росинформагротех, 2017. – 41 с. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=43580870

REFERENCES

1. Physiological status of cattle with pododermatitis / O. A. Stolbova, N. A. Zyryanova, A. A. Ryadnov [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 114. - P. 322-328. - DOI 10.21515/1999-1703-114-322-328. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=77734801 (In Russ.)

2. Diagnostics, treatment and prevention of necrobacteriosis in cattle / A. G. Koshchaev, N. N. Gugushvili, T. A. Inyukina [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2024. - No. 112. - P. 251-257. - DOI 10.21515/1999-1703-112-251-257. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=69186243 (In Russ.)

3. Combined pathologies of the distal limbs in cows of dairy productivity / S. V. Pozyabin, E. N. Borkhunova, V. V. Belogurov [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2024. - No. 2. - P. 362-371. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.2.362. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=68597317 (In Russ.)

4. Invited review: Prevalence, risk factors, treatment, and barriers to best practice adoption for lameness and injuries in dairy cattle: A narrative review / S.M. Roche, D.L. Renaud, J. Saraceni [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2023. № 23. – P. 0022-0302. – DOI 10.3168/jds.2023-23870. Access mode: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38101730/

5. Analysis of the epizootic situation for infectious diseases of fingers and hooves of cattle in certain regions of the Russian Federation / D. A. Khuzin, E. Yu. Tarasova, R. M. Potekhina [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2024. - No. 1. - P. 33-40. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.33. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=67347103

6. Analysis of the market for disinfectants used in individual livestock farms of the Volga Federal District / E. Yu. Tarasova, A. M. Tremasova, D. A. Khuzin [et al.] // The Veterinarian. – 2022. – No. 3. – P. 58-66. – DOI 10.33632/1998-698X.2021_58_66. Access mode: https://www.elibrary.ru/

item.asp?id=48700867 (In Russ.)
7. The role of saprophytic and opportunistic microorganisms in the occurrence and spread of opportunistic infections of cattle / D. A. Khuzin, S. A. Yusupov, A. I. Eroshin [et al.] // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after. N.E. Bauman. – 2022. – Vol. 252, No. 4. – P. 267-272. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_252_267. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49843434 (In Russ.)
8. Towards potential antifungal agents: synthesis, supramolecular self-assembly and in vitro activity of azole mono-, sesqui- and diterpenoids / A. Akhmedov, R. Gamirov, Yu. Panina [et al.] // Organic & Biomolecular Chemistry. – 2023. – Vol. 21, No. 23. – P. 4863-4873. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=53959743
9. Evaluation of ultrastructural changes in Fusobacterium necrophorum under the influence of agents used for group prevention of diseases of the distal limbs of ungulates / K. V. Perfilova, G. S. Kashevarov, V. R. Saitov [et al.] // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2023. - No. 1. - P. 153-158. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=50745274 (In Russ.)
10. Nekhaychik, F. M. Corrosion activity and foaming ability of a new disinfectant / F. M. Nekhaychik, D. N. Mingaleev // The Veterinarian. – 2022. – No. 1. – P. 26-30. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-1-26-30. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48060758 (In Russ.)
11. Study of the antimicrobial activity of new disinfectants from the group of quaternary ammonium compounds / F. M. Nekhaychik, D. N. Mingaleev, L. E. Matrosova [et al.] // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after. N.E. Bauman. – 2020. – Vol. 244, No. 4. – P. 134-138. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-134-138. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44300648 (In Russ.)
12. Saikhanov, E. O. Study of the frequency of registration and the nature of hoof pathology in livestock farms with free-stall housing / E. O. Saikhanov, D. S. Besedin, A. V. Rudnaya // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva. – 2018. – No. 3(39). – P. 62-67. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35721858 (In Russ.)
13. Evaluation of tolerance of dairy cows to the "SV" product for dry hoof baths / D. A. Khuzin, E. Yu. Tarasova, R. M. Potekhina [et al.] // International Veterinary Bulletin. - 2024. - No. 3. - P. 126-135. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.3.126. Access mode: https://spbguvm.ru/wp-content/uploads/2024/12/MVV_3-2024_tsvet_isprav.pdf. (In Russ.)
14. Lazovsky, V. A. Determination of the economic efficiency of veterinary measures: recommendations / V. A. Lazovsky, D. D. Morozov; Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. - Vitebsk: Educational Institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine", 2019. - 48 p. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46502543 (In Russ.)
15. Organization and economics of veterinary business: Practical training for students of higher educational institutions / I. N. Nikitin, V. F. Voskoboinik, N. M. Vasilevsky [et al.]. – Moscow: Kolos Publishing House, 1998. – 191 p. Access mode: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=52694342 (In Russ.)
16. Guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of necrobacteriosis, digital dermatitis and hoof diseases of cattle of non-infectious etiology / D. A. Khuzin, H. N. Makaev, A. I. Nikitin, A. N. Chernov. - Moscow: Rosinformagrotech, 2017. - 41 p. Access mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=43580870 (In Russ.)

УДК: 619:615. 636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.393

ПЛОСКОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЖИВЛЕНИЯ ЯЗВЕННЫХ ПОРАЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ КОПЫТЕЦ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Ненашев И.В. [1*] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. анатомии акушерства и хирургии (ORCID 0000-0002-3340-885X); **Марьин Е.М.** [2] – д-р ветеринар. наук, доц. каф. хирургии, акушерства, фармакологии и терапии (ORCID 0000-0002-5909-2371).

[1] ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»
[2] ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет»

*Nenashev1974@inbox.ru

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, мазь, язва мякиша, патология, измерение, распространение патологий, лечение.*
Keywords: *cattle, ointment, crumb ulcer, pathology, measurement, spread of pathologies, treatment.*

Поступила: 25.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Цель исследования – сравнить эффективность разных мазей при местном лечении язвенных поражений на дистальных участках конечностей у дойных коров. Исследования проводились с января по декабрь 2023 года. на базе ГУП СО «Купинское» (сейчас АО «Купинское») Безенчукского района Самарской области. Объектом исследования были животные голштинской породы, насчитывающие около 1850 голов, из них 800 дойных коров. Возраст коров составлял 3-8 лет, живая масса – 550-600 кг. Для изучения действия мазевых основ на процессы заживления язв мякиша на копытцах у коров, были сформированы три группы по десять животных в каждой, контрольная и две опытных, в контрольной группе местно применяли мази «Ungula Vita+)», в опытных – разработанные нами мази: «Вет-Копин» и «Вет-Копем». Клинические исследования показали, что исследуемые мазевые препараты обладают неодинаковым терапевтическим действием при лечении язвы мякиша. Наиболее эффективной оказалась мазь «Вет-Копин», применяемая в первой опытной группе, ее применение позволило сократить сроки лечения в сравнении со второй группой на 1,4 суток, а контрольной – 3,3 суток. Выявлено, что наибольший процент заживления к исходной площади язвенных дефектов составлял на 3-е сутки во всех группах, в контрольной – 64,48, в первой опытной – 55,69, во второй – 56,87%. Наименьший процент язвенного дефекта к исходной площади был в контрольной и второй опытной группах на 10 сутки – 8,28 и 3,71%, а в первой опытной на седьмые сутки – 14,36.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Производство молочных продуктов является одним из основных отраслей сельской экономики Российской федерации. Россия обладает огромным потенциалом для развития молочного животноводства благодаря большому поголовью крупного рогатого скота, которое по данным Росстата насчитывает 17,2 млн голов [1]. В настоящее время растет спрос на продукты животного происхождения, такие как мясо и молоко, производство которых может быть увеличено, либо увеличением за счёт поголовья животных, либо повышением их продуктивности. Основными проблемами у дойных коров являются болезни дистальных отделов конечностей, заболевания молочной железы и бесплодие [2, 3]. Хромоту можно определить, как клиническое проявление болезненных расстройств, связанных в основном с опорно-двигательной системой, приводящих к нарушению движений или отклонению от нормальной походки или осанки [4]. Тяжесть хромоты может варьироваться от скованности или нарушения симметрии движений конечностей до неспособности переносить вес на конечность или полностью передвигаться [5]. Это болезненное состояние и приводит к снижению надоев молока [6], к ранней выбраковке, и, соответственно, к экономическим потерям [7]. Основной причиной хромоты в 70-90% случаев, как у молочного, так и у мясного скота являются заболевания дистального отдела конечностей [8, 9]. При интенсивном молочном производстве, заболевания дистального отдела конечностей у крупного рогатого скота входят в тройку самых распространенных наравне с заболеваниями репродуктивной системой и маститом [10]. Факторы риска, связанные с заболеваниями, могут включать пол животного, окружающую среду, лечение и кормление. Невозможно изменить факторы риска для животных, которые включают: породу, возраст, стадию лактации, время года [11]. Профилактика заболеваний дистального отдела конечностей у дойных коров на молочных комплексах важна с экономической точки зрения. Следовательно, ветеринарные врачи молочных ферм должны контролировать профилактику и лечение болезней дистального отдела конечностей у крупного рогатого скота [12, 13].

Цель исследования – сравнить эффективность разных мазей при местном лечении язвенных поражений на дистальных участках конечностей у дойных коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHOD S

Исследования проводились с января по декабрь 2023 года на базе ГУП СО «Купинское» (сейчас АО «Купинское») Безенчукского района Самарской области. Объектом исследования были около 1850 голов животных голштинской породы, из них 800 дойных коров. Возраст коров составлял 3-8 лет, вес – 550-600 кг. Животные содержались в отдельных боксах с отгороженными лежаками, покрытыми резиновыми матами, бетонный пол проходов застелен шелухой от семечек, который регулярно чистят. Коровы получают полный сбалансированный рацион, соответствующий уровню продуктивности, животных доят дважды в день. Средняя суточная продуктивность на одну корову составляет в течение года 31,2 кг.

Ортопедическая обработка копытец у животных проводится регулярно в течение года, с использованием переносного механического станка для обрезки копыт. Исследования выполнялись согласно Директиве 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных.

Для изучения действия мазевых основ на процессы заживления язв мякиша на копытцах у коров, были сформированы три группы по десять животных в каждой, контрольная и две опытных. В контрольной группе применяли местно мазь антисептико–антимикробного действия «Ungula Vita+)» ТУ 20.20.14-001-14431353-2019, в опытных группах применяли разработанные нами мази – «Вет-Копин» и «Вет-Копем», препараты прошли доклинические исследования, в соответствии с нормативами ГОСТ 12.1.007-

76 и отнесены к 4 классу опасности – веществам малоопасным. Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ ISO 10993-10-2011 мази не обладают потенциальной аллергенной активностью и имеет умеренно выраженный эффект раздражающего действия [14, 15].

Каждой корове выполняли ортопедическую расчистку копытец, промывали их водой, до тех пор, пока повреждения не становились видны для визуального осмотра. Хирургическая обработка включала в себя удаление всех некротизированных тканей, гранулем и любых оставшихся поврежденных тканей. Сразу после обработки копытец местно наносили мазь примерно по 10-15 гр. на хлопчатобумажную марлю размером 10 ×10 см и фиксировали на месте с помощью самофиксирующего бандажа на 3 суток. Обработку повторяли через каждые три дня до полного выздоровления животного. Копыта считались вылеченными, как только на месте повреждения образовывался полный слой эпителия, и они не были болезненными при пальпации.

Оценку изменений в течение патологического процесса проводили на 1-е, 3-е, 7-е, 10-е сутки (в зависимости от применяемой мази). Площадь дефектов измеряли на протяжении всего времени лечения, для этого применяли программу ImageMeter. Исходя из полученных данных, вычисляли индекс скорости заживления, процент снижения площади повреждений на копытцах за сутки, по сравнению с предыдущими результатами, а также динамику уменьшения площади ран, отражающую поэтапные изменения площади поражений в сравнении с предыдущими периодами наблюдения [16]. Полученные числовые данные были обработаны с использованием статистических методов в программе MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Ортопедическая обработка копытец у дойных коров проходила в течение 2023 года, за этот период расчищено и осмотрено 1601 животное, заболеваемость дистального отдела конечностей составила 18,42% от общего количества. Было установлено, что наиболее часто встречались такие патологии: язва пальцевого мякиша – 44,30%, гнойный пододерматит - 22,8 %, специфическая язва - 19,87% от больных.

До начала лечения площадь поврежденной поверхности была примерно одинаковой во всех группах: в контрольной – 8,38±1,795 см^2 и первой и второй опытных группах – 8,39±1,558 см^2 и 9,61±1,665 см^2, соответственно (рис. 1). Через трое суток лечения процент к исходной повреждённой площади составлял в контрольной группе 64,48, в первой опытной – 55,69, во второй – 56,87%, а площадь повреждения уменьшилась и равнялась 5,40±1,184 см^2, 4,67±1,077 см^2 и 5,46±1,255 см^2, соответственно. Наименьший процент язвенного дефекта к исходной площади был в контрольной и второй опытной группах на 10 сутки – 8,28 и 3,71%, а в первой опытной на седьмые сутки – 14,36 (рис. 2). Площадь повреждений достоверно уменьшалась, начиная с седьмых суток.

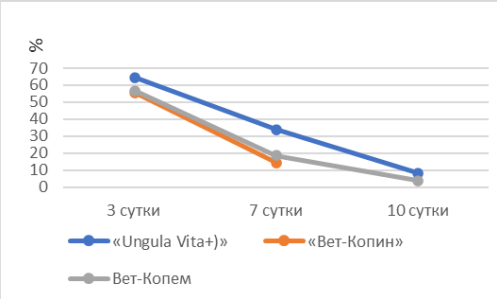


Рисунок 1 – Процент к исходной площади.

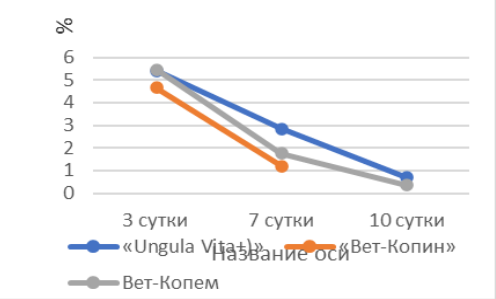


Рисунок 2 – Площадь повреждения в процентах.

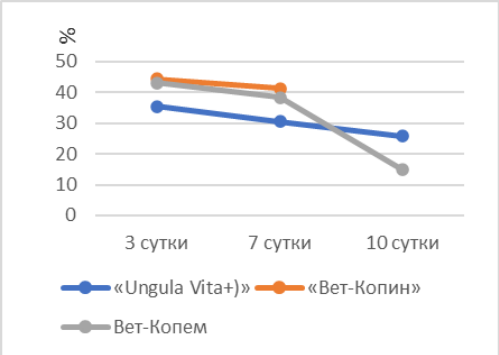


Рисунок 3 – Индекс скорости заживления в процентах.

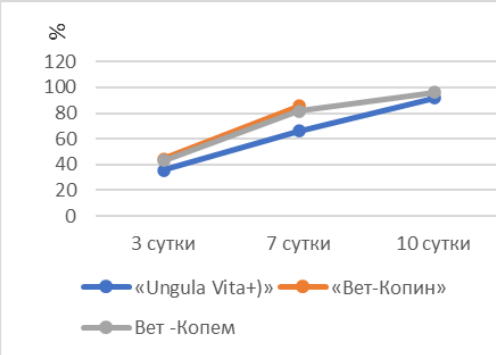


Рисунок 4 – Динамика сокращения площади ран в процентах.

Во всех группах после начала лечения наблюдалось значительное снижение площади язв в период с первого по третий день, наивысший индекс скорости заживления составил в контрольной группе 35,51%, в первой опытной группе 44,30%, а во второй – 43,12% (рис. 3), минимальный индекс был на 10 сутки в контрольной и второй опытных группах – 25,75% и 14,79%, соответственно, а в первой опытной группе на седьмые сутки – 41,3%.

Динамика изменений площади язв во всех группах заметно снижалась на третьи и седьмые сутки (рис. 4, 5, 6, 8).

На седьмые и десятые сутки в контрольной группе отмечены максимальные показатели снижения площади патологии – 11,80% и 18,97%, соответственно в то время, как минимальное значение зафиксировано на третьи сутки – 8,87%.

Индекс Поповой также показал положительную динамику и в первой опытной группе, постепенно увеличиваясь: на третьи сутки составил 11,07%, на седьмые – 18,55%. Во второй группе динамика площади была минимальной на третьи сутки, при 10,78%, в дальнейшем повышался, и к десятым суткам достиг своего максимума – 19,98% (рис.6).

Применение мази «Ungula Vita+)» в контрольной группе при лечении язвы мякиша, заживление в среднем составило – 12,8 суток, в первой опытной группе мази «Вет-Копин» – 9,5 суток, а второй опытной группе при использовании мази «Вет-Копем» – 10,9суток.

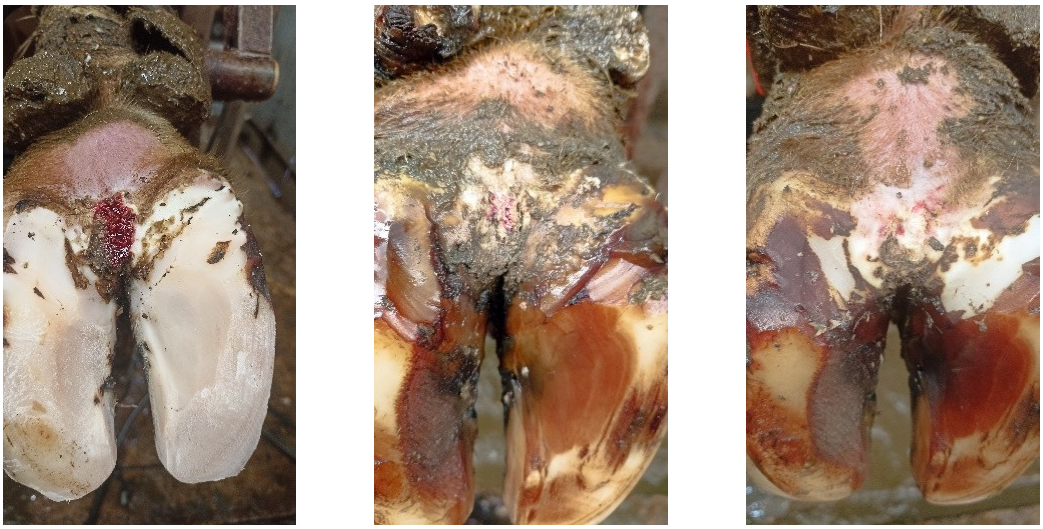
Эффективность применения мазей «Вет-Копин» и «Вет-Копем» намного выше, чем применение других ранее рекомендованных препаратов. Например, Ховайло (2015) установлено, что при заживлении язвенных поражений (язвы мякиша, венчика, свода межкопытцевой щели) при применении геля «Лигуролдерма», обладающего бактерицидными свойствами, происходило лишь на 13-й день, а эпителизация патологического очага отмечалась на 16,1±0,25 сутки в [17]. По исследованиям Kofler J. (2004) эффективность не антибиотической формы Protexin® Hoof-Care paste, в состав которой входили соли металлов и органические кислоты, при местном лечении пальцевого дерматита выздоровление наступало на 28-й день [18]. Weber J. (2019) установил, что эффективность лечения коров была выше при использовании антимикробной мази на основе салициловой кислоты, на 14-й день наблюдений эффективность составила 96,3%, полиуретановой раневой повязки – 32,6%, на 28-й день - 100% и 54,3%, соответственно, при $p < 0,05$. [19]. Результаты клинических исследований El. Shafaey (2016) так же хуже результатов наших исследований. Автор проводил исследования на трех группах с разными по действию мазевыми композициями: первая группа была подвергнута местной обра-

ботке с использованием антисептической мази (фармацевтическая компания «Хокуто», Япония), вторая получала местное лечение с использованием антибиотической мази (MSD Animal Здравоохранение, Япония) и в третье группе лечили антисептико-антибиотической комбинированной мазью. El. Shafaey установил, что через 14 дней после лечения индекс достоверности составлял P<0,05. К 28-м суткам выздоровления животных составили в третье группе – 9 из 10, во второй – 5 из 10 и в первой – 4 из 10 [20].



1 сутки 3 сутки 7 сутки 10 сутки 14 сутки

Рисунок 5 – Динамика заживления язвы мякиша на разные сутки лечения, контрольная группа, левая тазовая конечность, корова №20263.



1 сутки 3 сутки 7 сутки

Рисунок 6 – Динамика заживления язвы мякиша на разные сутки лечения, первая опытная группа, правая тазовая конечность, корова №369.

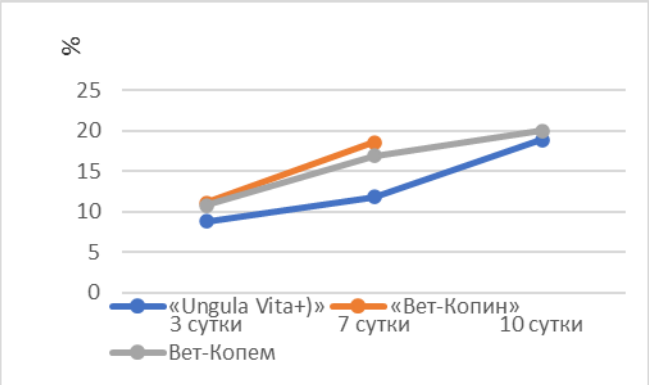


Рисунок 7 – Процент уменьшения площади повреждений на копытах за сутки.



1 сутки 3 сутки 7 сутки 10 сутки

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Клинические исследование показали, что исследуемые мазевые препараты обладают терапевтическим действием при лечении язвы мякиша, не одинаково, наиболее эффективной оказалась мазь «Вет-Копин» применяема в первой опытной группе, ее применение позволило сократить сроки лечения в сравнении со второй на 1,4 суток, а контрольной 3,3 суток. Выявлено, что наибольший процент к исходной площади язвенных дефектов составлял на 3-е сутки во всех группах, в контрольной 64,48, первой опытной 55,69, во второй 56,87. Наименьший процент язвенного дефекта к исходной площади был в контрольной и второй опытной группах на 10 сутки 8,28 и 3,71, а в первой опытной на седьмые сутки 14,36.

PLANAR CHARACTERISTICS OF HEALING OF ULCERATIVE LESIONS IN THE HOOF AREA IN CATTLE

Nenashev I.V.[1]* – Candidate of Sciences. Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department. Anatomy of Obstetrics and Surgery (orcid. 0000-0002-3340-885X); **Marin E.M.**[2] – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Surgery, Obstetrics, Pharmacology and Therapy (orcid.0000-0002-5909-2371).

[1] Samara State Agrarian University

[2] Ulyanovsk State Agrarian University

* e-mail: Nenashev1974@inbox.ru

ABSTRACT

The aim of the study was to compare the effectiveness of different ointments in the local treatment of ulcerative lesions in the distal extremities of dairy cows. The studies were conducted from January to December 2023. based on the Kupinskoye State Unitary Enterprise (now Kupinskoye JSC) Bezenchuk district of the Samara region. The object of the study was animals of the Holstein breed, numbering about 1,850 heads, 800 of them dairy cows. The cows were 3-8 years old and had a live weight of 550-600 kg. To study the effect of ointment bases on the healing processes of crumb ulcers on the hooves of cows, three groups of ten animals each were formed, a control group and two experimental ones, in the control group ointments "Ungula Vita+)" were applied topically, in the experimental group ointments developed by us: "Vet-Kopin" and "Vet-Kopem". Clinical studies have shown that the studied ointment preparations have different therapeutic effects in the treatment of crumb ulcers. The most effective ointment was "Vet-Kopin", used in the first experimental group, its use reduced the duration of treatment by 1.4 days compared to the second group, and 3.3 days for the control group. It was revealed that the highest percentage of healing to the initial area of ulcerative defects was on the 3rd day in all groups, in the control group - 64.48, in the first experimental group – 55.69, in the second – 56.87%. The lowest percentage of ulcerative defect to the initial area was in the control and second experimental groups on day 10 – 8.28 and 3.71%, and in the first experimental group on the seventh day – 14.36.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Цифры и факты можно проверить здесь: Данные Росстата по поголовью сельскохозяйственных животных на сентябрь 2024 года: с. 75-76 Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/osn-09-2024

2.Olechnowicz J., JAŚKOWSKI J. M. Relation between clinical lameness and reproductive performance in dairy cows //prevalence. – 2011. – Т. 30. – P. 44 Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/279627688_Relation_between_clinical_lameness_and_reproductive_performance_in_dairy_cows

3.Berry D. P. et al. Milk production and fertility in cattle //Annual review of animal biosciences. – 2016. – Т. 4. – №. 1. – С. 269-290. Режим доступа: https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-animal-021815-111406

4.Alvergnas M. et al. Claw disorders in dairy cattle: Effects on production, welfare and farm economics with possible prevention methods //Livestock Science. – 2019. – Т. 222. – P. 54-64 Режим доступа: DOI:10.1016/j.livsci.2019.02.011

5.Ettema, J. F., O. Østergaard (2006): Economic decision making on prevention and control of clinical lameness in Danish dairy herds. Livest. Sci. 102, 92-106 Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622605004136

6.Stoddard G., Kramer G. An observational study to assess the association of hoof trimming with dairy cattle behavior and milk yield in Canada and the United Kingdom. JDS Commun. February 1, 2024; 5(4):322-326. Режим доступа: https://www.jdscommun.org/article/S2666-9102(24)00017-6/pdf

7.Cook N.B. Review of the symposium: The impact of management and facilities on cow culling rates. J Dairy Sci. 2020 April; 103 (4):3846-3855 Режим доступа: https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(19)31080-X/fulltext

8.Solano L. et al. Prevalence and distribution of foot lesions in dairy cattle in Alberta, Canada //Journal of dairy science. – 2016. – Т. 99. – №. 8. – P. 6828-6841. Режим доступа: https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30294-6/fulltext

9.Marti S. et al. 0083 Risk factors associated with lameness severity in feedlot cattle // Journal of Animal Science. – 2016. – Т. 94. – №. suppl_5. – С. 38-39 Режим доступа:

https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(19)30769-6/fulltext?rss=yes
10.Witkowska D., Ponieważ A. The effect of housing system on disease prevalence and productive lifespan of dairy herds—A case study //Animals. – 2022. – Т. 12. – №. 13. – P. 1610 Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/361890885_The_Effect_of_Housing_System_on_Disease_Prevalence_and_Productive_Lifespan_of_Dairy_Herds-A_Case_Study
11.Sadiq M. B. et al. Prevalence and risk factors for hoof lesions in dairy cows in Peninsular Malaysia //Livestock Science. – 2021. – Т. 245. – P. 104404 Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/348671220_Prevalence_and_Risk_Factors_for_Hoof_lesions_in_Dairy_Cows_in_Peninsular_Malaysia
12.Wells S. J., Garber L., Wagner B. A.: Papillomatous digital dermatitis and related risk factors in dairy herds in the USA. Previous edition. Veterinary medicine. Medicine. – 1999, – 38, – P 11-24. Режим доступа: DOI: 10.1016/s0167-5877(98)00132-9
13.Van Nuffel A. et al. Lameness detection in dairy cows: Part 1. How to distinguish between non-lame and lame cows based on differences in locomotion or behavior // Animals. – 2015. – Т. 5. – №. 3. – P. 838-860 Режим доступа: https://www.sci-hub.ru/10.3390/ani5030387?ysclid=m7d7g0t746710917632
14.Ненашев, И.В. Токсикологическая оценка мази «Вет-Копин» /И.В. Ненашев, Е.М. Марьин, Н.В. Шаронина //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2023. – №6 (104). - P. 272-277 Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=55839013
15.Ненашев, И.В. Доклинические исследования многокомпонентной мази «ВЕТ-КОПЕМ» /И.В. Ненашев, Е.М. Марьин, Н.В Шаронина. //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – №5 (103). – С. 257-262. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=54731249
16.Марьин, Е.М. Комплексное лечение коров, больных гнойно-некротическими язвами дистального отдела конечностей / Е.М. Марьин, В.А. Ермолаев, Ю.В. Бутуева //Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4 (52). – С. 206-211 Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44520979
17.Ховайло, Е.В. Клинико-морфологическая оценка эффективности препарата «Лигурол-дерма» при лечении язвенных поражений копытец у крупного рогатого скота /Е.В. Ховайло // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2015. – Т. 51, – № 1-1. – С. 149-153. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=27470381
18.Kofler, J.; Pospichal, M.; Hofmann Parisot, M. The effectiveness of Protexin paste, which does not contain antibiotics. Hoof Care for the topical treatment of digital dermatitis in dairy cows Journal of Veterinary Medicine 2004: Series A 51 (9/10): – P. 447-452 Режим доступа: DOI: 10.1111/J.1439-0442.2004.00671.x.
19.Weber J., Richter S., Freick M. Comparison of the therapeutic efficacy of salicylic acid paste with a polyurethane wound dressing for the treatment of digital dermatitis lesions in dairy cows //Research in veterinary science. – 2019. – Т. 125. – P. 7-13 Режим доступа: https://sci-hub.ru/10.1016/j.rvsc.2019.05.008?ysclid=m7d757it43740946890
20.El-Shafaey E. S., Elseady Y., El-Khodery S. Comparative therapeutic effect of antiseptic-antibiotic paste for topical treatment of digital dermatitis in dairy cows // Veterinarski arhiv. – 2016. – Т. 86. – №. 2. – P. 197-208 Режим доступа: https://hrcak.srce.hr/file/230958

REFERENCES

1. Here you can, without checking the actual Figures: Rosstat data rustle of livestock on September 20, 2024 boiler on animals: pp. 75-76 available Mode: https://rosstat.gov.ru/

storage/mediabank/osn-09-2024
2. J. Olechnowicz, J. jaśkowski M. Dairy cows in Relation between performance lameness clinical and reproductive // prevention. – 2011. – Vol. 30. – P. 44 available mode: https://www.researchgate.net/publication/279627688_Relation_between_clinical_lameness_and_reproductive_performance_in_dairy_cows
3. Berry D. P. et al. Fertility and Milk production in cattle //Annual review of animal biosciences. – 2016. – Vol. 4. – No. 1. – P. 269-290. Available Mode: https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-animal-021815-111406
4. M. Alvergnas et al. Claw disorders in dairy cattle: Effects on production, methods and possible Prevention with farm welfare economics //Livestock Science. – 2019. – Vol. 222. – pp. 54-64 Available Mode: DOI:10.1016/j.livsci.2019.02.011
5. Ettema, J. F., O. Østergaard (2006): dairy control and prevention of decision making on Economic herds lameness Danish in clinical. Live. Sci. 102, 92-106 Available Mode: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622605004136
6. Stoddard G., Kramer G. Observational study of An association to assess the dairy cattle and behavior in the United Kingdom Canada with milk and yield hoof trimming. JDS Commun. February 1, 2024; 5(4):322-326. Available Mode: https://www.jdscommun.org/article/S2666-9102(24)00017-6/pdf
7. N. Cook B. Review of the symposium: impact on The culling of facilities management cow and rates. J Dairy Sci. April 2020; 103(4):Available Mode 3846-3855: https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302 (19)31080-X/fulltext
8. L. Solano et al. The prevalence and distribution of foot in dairy cattle forests in Alberta, Canada //Journal of dairy science. – 2016. – Vol. 99. – №. 8. – pp. 6828-6841. Available Mode: https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302 (16)30294-6/fulltext
9. Marti S. et al. Severity Risk factors in cattle feedlot lameness associated with 0083 //Journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 94. – №. suppl_5. – pp. 38-39. Available mode: https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302 (19)30769-6/fulltext?rss=yes
10. D. Witkowska, Ponieważ A. Prevalence of housing and effect on The system of productive dairy lifespan herds disease—getting a job case study //Animals. – 2022. – Vol. 12. – №. 13. – P. 1610. Available Mode: https://www.researchgate.net/publication/361890885_The_Effect_of_Housing_System_on_Disease_Prevalence_and_Productive_Lifespan_of_Dairy_Herds-A_Case_Study
11. M. Sadiq B. et al. Prevention and risk factors for emissions in dairy cows in Peninsular Malaysia hoof //Livestock Science. – 2021. – Vol. 245. – pp. 104404. Available mode: https://www.researchgate.net/publication/348671220_Prevalence_and_Risk_Factors_for_Hoof_lesions_in_Dairy_Cows_in_Peninsular_Malaysia
12. Wells S. J., Garber L., B. Wagner A.: In the USA and risk factors in related Dairy herds Papillomatous digital dermatitis. Previous edition. Veterinary medicine. Medicine. – 1999, – №38, – –pp. 11-24. Available Mode: DOI: 10.1016/s0167-5877(98)00132-9.
13. A. Van Nuffel et al. Lameness detection in dairy cows: Part 1. How to distinguish between non-cows and differences in or based on locomotion lame lame behavior // Animals. – 2015. – Vol. 5. – No. 3. – pp. 838-860. Available Mode: https://www.sci-hub.ru/10.3390/ani5030387 ?ysclid=m7d7g0t746710917632
14. Nenashev, I.V. The toxicological assessment of "after all, a penny" /I.V. Nenashev, E.M. Maryin, N.V. Sharonina //Proceedings of the Orenburg Agrarian State University. – 2023. – №6 (104). – pp. 272-277. Available Mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=55839013 (In Russ.)
15. Nenashev, I.V. Oceanic research is increasing many times. "After all, it's dig-

ging" /I. V. Nenashev, E.M. Maryin, N.V. Sharonina. //Proceedings of the Orenburg Agrarian State University. – 2023. – №5 (103). – pp. 257-262 Available Mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=54731249 (In Russ.)
16. Maryin, E.M. Complex treatment of cows, patients with suppurative limbs and detailed drug treatment /E.M. Maryin, V.A. Ermolaev, Y.V. Butueva //Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2020. – № 4 (52). – pp. Available Mode 206 -211: https://elibrary.ru/item.asp?id=44520979 (In Russ.)
17. Khovailo, E.V. Clinical and morphological efficacy assessment of the drug "Ligoderma" new link hooves of cattle lesions treatment methods /E.V. Khovailo // Scientific notes of the Vitebsk Order of the Badge of Honor of the Academy of Veterinary Medicine state institution of a qualified specialist. – 2015. – Vol. 51, – № 1-1. – pp. 149-153. Available Mode: https://elibrary.ru/item.asp?id=27470381(In Russ.)
18. Kofler, J.; Pospichal, M.; Hofmann Parisot, M. Paste The effectiveness of Protexin, which does not contain antibiotics. Care treatment of Veterinary Medicine Journal of dairy cows in the Hoof topical dermatitis 2004 for digital: 51 Getting settled Series (9/10): 447-452. Available Mode: DOI: 10.1111/J.1439-0442.2004.00671.x.
19. J. Weber, Richter S., M. Freick Comparison of the effectiveness of treatment with therapeutic salicylic acid mixtures of dairy cows in the dressing for digital dermatitis wound polyurethane paste //veterinary science Research in. – 2019. – Vol. 125. – pp. 7 -13. Available mode: https://sci-hub.ru/10.1016/j.rvsc.2019.05.008?ysclid=m7d757it43740946890
20. El-E. Shafaey S., Elseady Y., El-S. Khodery Antiseptic therapeutic effect of Comparative-antibiotic treatment of topical dairy cows in paste for digital dermatitis // Veterinarski arhiv. – 2016. – Vol. 86. – №. 2. – pp. 197-208. Available Mode: https://hrcak.srce.hr/file/230958

УДК: 617.3:636.7: 616–073.756.8: 004.94
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.403

СОЗДАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ НАПРАВИТЕЛЕЙ ДЛЯ КОРРИГИРУЮЩЕЙ ОСТЕОТОМИИ БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ У СОБАК

Родионов В.Д.[1] – соиск., асс. департамента ветеринарной медицины (ORCID 0009-0005-4016-7061); **Боголюбов И.Д.**[1*] – студ. департамента ветеринарной медицины (ORCID 0009-0003-2707-2610); **Карелин М.С.**[2] – специалист, вед. хирург, ортопед-травматолог (ORCID 0009-0005-0178-3822).

[1] ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
[2] Сеть ветеринарных клиник «Белый клык»

[*] bogolyubov.ivan@mail.ru

Ключевые слова: *3-D-напечатанный направитель; компьютерная томография; корригирующая остеотомия; клиновидная остеотомия; деформации большеберцовой кости.*

Key words: *3-D-printed guide; computed tomography; corrective osteotomy; closing wedge osteotomy; tibial deformity.*

Поступила: 25.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025





РЕФЕРАТ

Разработана методология создания индивидуального направителя для остеотомии по методике Cranial Closing Wedge Osteotomy (CCWO) у собак с использованием аддитивных технологий. Исследование включало сравнительную оценку точности коррекции угловых характеристик большеберцовой кости и продолжительности операции при использовании индивидуального остеотомического направителя и без него. В эксперименте использовали тазовые конечности шести кадаверных собак разных пород и весовых категорий. Для оценки эффективности метода в обеих группах анализировали послеоперационные углы Tibial Plate Angle (TPA) и механический медиальный проксимальный угол большеберцовой кости (mMPTA). В группе с направителем средняя разница между ожидаемыми и послеоперационными углами TPA и mMPTA составила 0,58±0,28° и 0,21±0,06°, тогда как в группе без направителя эти показатели были значительно выше — 0,99±0,79° и 1,13±0,50° соответственно. Кроме того, использование индивидуального направителя значительно сокращало продолжительность оперативного вмешательства. Среднее время операции CCWO с использованием направителя составило 29,83±4,98 мин, что на 64,56% меньше, чем при классическом CCWO без направителя (84,17±12,97 мин). Разработанный метод позволяет выполнять прецизионное планирование остеотомии, обеспечивая высокую точность хирургического вмешательства и значительно сокращая время операции. Внедрение индивидуальных направляющих на основе 3D-моделирования и печати способствует оптимизации методики CCWO и может повысить эффективность лечения собак с избыточным углом наклона плато большеберцовой кости.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Использование аддитивных технологий в ветеринарной медицине приобретает все большее значение [1-4]. Они охватывают широкий спектр применений: от предоперационного планирования и создания индивидуальных направителей до изготовления имплантатов, а также разработки современных систем операционной навигации [5-7]. Изготовление индивидуальных хирургических направителей за счет создания моделей, учитывающих анатомические особенности конкретных пациентов, позволяет увеличить точность остеотомии; уменьшить инвазивность оперативного доступа, кровопотери; сократить время операции и улучшить качество проведения хирургических вмешательств. Это, в свою очередь, приводит к повышению результативности хирургического лечения пациентов и приносит экономическую выгоду для медицинского учреждения [5,8,9].

Применение шаблонов-направителей дает больше возможностей достигать высокого уровня желаемых результатов, делая процесс сопоставимым с работой более опытных специалистов [8,10-12]. Труднодоступность специализированных программ для самостоятельного хирургического 3D планирования травматологических и ортопедических ветеринарных операций представляет значительное препятствие для внедрения аддитивных технологий в повседневную ветеринарную практику. Это включает значительные расходы и ограниченные возможности приобретения лицензий на ведущие программы для 3D моделирования, а также значительные временные и финансовые издержки при обращении к сторонним организациям и компьютерным инженерам для проведения трехмерного моделирования [13-16]. Кроме того, отсутствие специальных навыков в области 3D-моделирования среди врачей ограничивает их способность к самостоятельному применению аддитивных технологий без обращения к специализированным компаниям или специалистам [17]. Эта проблема усложняет разработку индивидуальных решений и ограничивает применение передовых методов травматологии и ортопедии в ветеринарной практике.

Целью этого исследования стало разработать методологию создания индивидуального направителя для остеотомии по методике Cranial Closing Wedge Osteotomy (CCWO) у собак. Дополнительно, проспективно оценить хирургическую точность остеотомии и время операции по методике CCWO с использованием индивидуального направителя в сравнении с классической методикой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Подготовка материалов

Работа проведена на кадаверном материале, для этого были использованы тазовые конечности (n=12) собак различных пород, подвергнутых эвтаназии по причинам, не связанным с данным исследованием. Все собаки имели сформированную опорно-двигательную систему и не имели ортопедических заболеваний тазовых конечностей, что было подтверждено с помощью выполненной компьютерной томографии после эвтаназии. Конечности были просканированы с помощью компьютерной томографии (Optima CT540; GE HealthCare). Данные с толщиной среза 2,5 мм и перекрытием срезов 2,5 мм были получены с помощью суставного протокола.

Сегментирование

Для сегментации кости и моделирования направителя использовались настольный компьютер. Для 3D-печати использовался 3D принтер Flying Bear Ghost (MAYLERESCAPE). Программное обеспечение включало 3D Slicer (National Alliance for Medical Image Computing) — бесплатное ПО с открытым исходным кодом для визуализации, обработки, сегментации и анализа медицинских, биомедицинских и других 3D-изображений; Blender (Blender Foundation) — бесплатное ПО для 3D-моделирования; и Cura (UltiMaker) — ПО для запуска 3D-печати.

Процесс построения индивидуального направителя на основе данных КТ включает следующие этапы: Получение дан-

ных КТ, Сегментация в 3D Slicer, Моделирование индивидуального направителя в Blender, Подготовка модели для печати в Cura, 3D-печать.

Полученные данные КТ были сохранены на компьютере в формате DICOM. Файлы DICOM были импортированы в 3D Slicer, где произошел процесс сегментации в разделе Segment Editor с помощью функции threshold. Сегментированные большеберцовая, малоберцовая и кости заплюсны были экспортированы и сохранены в формате STL для последующего импорта в Blender.

Моделирование направителя

Для облегчения управления и работы с объектом в трехмерном пространстве и исключения неудобств при масштабировании, вращении и перемещения импортированную модель в Blender необходимо расположить в начале координат. Убедитесь, что исходная точка объекта отображается в центре 3D курсора. Выполняется команда "Object> Set Origin> Geometry to Origin" для перемещения модели в начало координат.

Разметка необходима для определения линий остеотомии и мест проведения спиц для фиксации направителя. Определение механической оси перпендикулярно поверхности кости (Рисунок оси и угла TPA в сагиттальной проекции большеберцовой кости с помощью инструмента Measure (Рис. 1).

Формирование направителя начиналось с расположения площадок для опила и моделей спиц для формирования направляющих каналов для проведения спиц через направитель (Рис. 2).

Над проксимальной линией остеотомии была размещена проксимальная площадка для опила (Рис. 2A1). Под дистальной линией остеотомии размещалась дистальная площадка для опила (Рис. 2A2). Краниальные модели спиц Киршнера были расположены параллельно ранее установленным площадкам (Рис.2A3). Медиальные модели спиц Киршнера располагались перпендикулярно поверхности кости (Рис. 2A4).

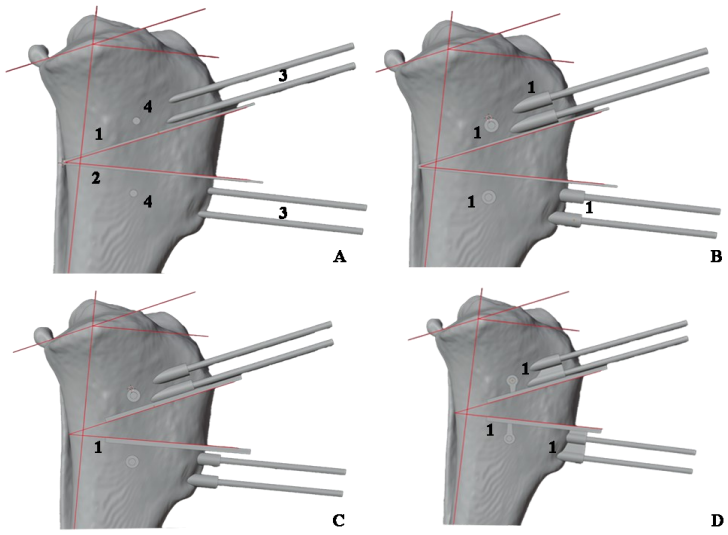


Рисунок 2 – Формирование направителя:
A1 – проксимальная площадка для опила; A2 – дистальная площадка для опила;
A3 – краниальные модели спиц Киршнера; A4 – медиальные модели спиц Киршнера;
B1 – направляющие медиальные цилиндры; B2 - направляющие краниальные цилиндры; C1 – проксимальная площадка для опила; C2 – дистальная площадка для опила;
D1 – перекрытия цилиндров и площадок для опила.

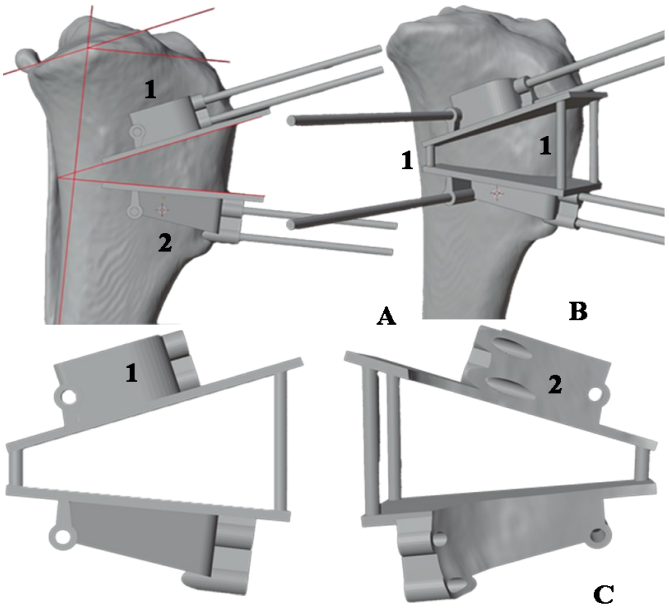


Рисунок 3 – Моделирование корпуса направителя:
A1 – проксимальный корпус направителя; A2 – дистальный корпус направителя;
B1 – соединительные балки; C1 – латеральная сторона направителя; C2 – медиальная сторона направителя.

Для формирования направляющих каналов, через которые будут проведены спицы, были добавлены и расположены цилиндры так, чтобы ранее установленные модели спиц находились в центре каждого цилиндра (Рис. 2B1, Рис. 2B2). Части цилиндров, прилегающие к модели кости, визуально соприкасались с моделью кости.

Увеличив толщину обеих площадок в соответствующем направлении. Для достижения оптимальной формы и пропорций площадок их дизайн был изменен, чтобы они не выходили за латеральную и каудальную части кости (Рис.2C1, Рис. 2C2).

Создание перекрытий между цилиндрами и площадками было выполнено в режиме Edit Mode, выбрав команду "Extrude Region". Выбрав необходимое количество поверхностей модели, для визуального объединения цилиндров друг с другом и площадками (Рис. 2D1).

Моделирование корпуса направителя начиналось с добавления нового объекта. Создав две новые фигуры произвольной формы при условии, что они будут визуально соприкасаться с моделью кости (Рис. 3A1, Рис. 3A2). Две опорные площадки были объединены между собой соединительными балками с помощью добавления двух цилиндров (Рис. 3B1).

Генерирование каналов для проведения спиц и анатомической формы у направителя выполняется с помощью модификатора Bool Tool.

Аддон Bool Tool активируется по ветке команд "Edit> Preferences> Add-ons". Перед объединением 3D-объектов рекомендуется создать их копии. Для объединения модели кости и спиц в один объект выполняются следующие действия: удерживая клавишу Shift, выбрав кость и модели спиц, затем используется функцию "Union" в окне Bool Tool. Операция повторяется для всех частей направителя.

Для того, чтоб программа вычла контуры кости и спиц из направителя выбрав кость со спицами, удерживая кнопку Shift, затем направитель применяется функция "Difference" (Рис. 3C1, Рис. 3C2).

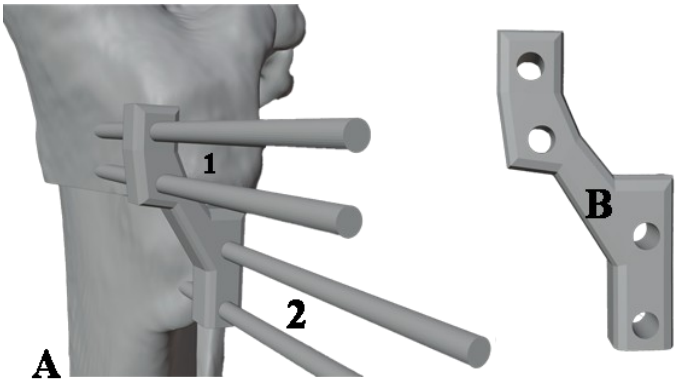


Рисунок 4 – Формирование фиксатора спиц:
А1 – краниальные проксимальные спицы Киршнера;
А2 – краниальные дистальные спицы Киршнера;
В – фиксатор спиц.

Для фиксации фрагментов кости в запланированном положении мы объединили проксимальную и дистальную части кости со спицами в один объект (Рис. 4А). После правильного размещения фрагментов добавили дополнительную фигуру произвольной формы так, чтобы спицы визуально проходили через нее. (Рис. 4А1. 4А2). Применили функцию Boolean к фиксатору спиц для генерации в ней отверстий (Рис. 4В).

Экспорт в CURA

Использовались следующие параметры: плотность заполнения 15%, шаблон заполнения Cubic, толщина стенки 1.6 мм (первичная), 0.8 мм (вторичная) Запуск команды Slice для получения файла gcode. Полученный файл открывается на 3D-принтере для запуска печати.

Хирургическая техника

Тазовые конечности располагались латеральной стороной на операционном столе. Медиальный доступ к проксимальной трети большеберцовой кости осуществлялся путем рассечения кожи и нижележащих мышц, и фасций, после чего надкостница отпрепарировалась изогнутым распатором Фарабефа. Индивидуальный 3D направитель устанавливался в определенном положении без подвижности в соответствии с предоперационным планированием места остеотомии. Направитель фиксировался на кости спицами Киршнера размером 1 мм у пород массой менее 10 кг и 1,2 мм у собак массой более 10 кг, в соответствии с направляющими отверстиями. После этого соединительные балки удалялись. Корригирующая клиновидная остеотомия выполнялась осцилляторной пилой с шириной полотна 0,3 мм у пород массой менее 10 кг и 0,6 мм у собак массой более 10 кг. Далее удалялись медиальные спицы и проксимальная краниальная спица направителя, после чего направитель снимался. Репозиция и компрессия костных фрагментов осуществлялись с помощью фиксатора спиц.

Для фиксации использовалась Т-образная пластина 2,0 мм, пластина типа «Лист клевера» с угловой стабильностью 2,4 мм у собак массой менее 10 кг и пластина типа «Лист клевера» с угловой стабильностью 3,5 мм у собак массой более 10 кг, в зависимости от размера проксимальной трети большеберцовой кости. Спицы удалялись, а операционная рана ушивалась послойно.

После операции выполнялась контрольная рентгенограмма в прямой и боковой проекциях для измерения послеоперационных углов TPA и mMPTA.

Во второй группе расположение конечности и оперативный доступ выполнялись аналогично первой группе. В проксимальной трети диафиза большеберцовой кости просверливалось отверстие диаметром 1 мм для фиксации костодержателя. Разметка плато большеберцовой кости выполнялась с помощью набора шаблонов для клиновидной остеотомии, после чего проводилась остеотомия с использованием направителя для полотна пилы. Репозиция и компрессия костных фрагментов осуществлялись с помощью костодержателя.

Последующие этапы, включающие установку пластины и послойное ушивание операционной раны, проводились аналогично первой группе (Рис. 5).

Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью компьютерной программы Microsoft Excel.

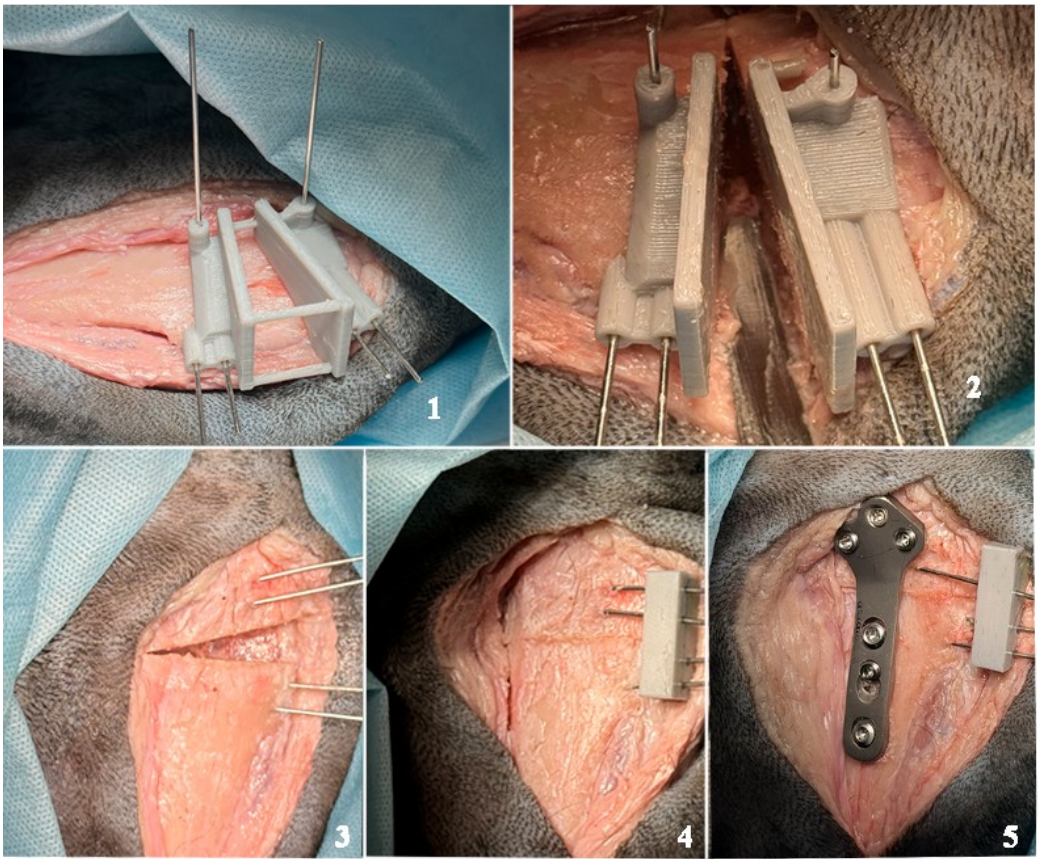


Рисунок 5 – Оперативное вмешательство:
1 – фиксация направителя; 2 – выполненная остеотомия; 3 – снятие направителя;
4 – фиксация фрагментов кости фиксатором спиц; 5 – фиксация фрагментов кости накостной пластиной.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Клиновидная остеотомия большеберцовой кости по методике CCWO с использованием индивидуальных направителей и без выполнена на тазовых конечностях 6 кадавров. Конечности кадавров принадлежали породам собак: бурбуль (n = 1), среднеазиатская овчарка (1), Ка-дебо (1), метис (1), йоркширский терьер (1) и чихуахуа (1) (Рисунок 6). Средний вес тела пациентов составил 29,28± 25,6 кг (диапазон, от 69,3 до 1,5 кг). Тазовые конечности были разделены на 2 исследуемые группы. Первая группа: 6 левых тазовых конечностей с применением индивидуального направителя, вторая группа: 6 правых тазовых конечностей без применения направителя. На полученных рентгенограммах были оценены послеоперационные углы TPA и mMPTA, которые затем сравнивались с ожидаемыми углами (Таблица 1).

Таблица 1 – Предоперационные и постоперационные показатели угловых характеристик большеберцовой кости при операциях с применением индивидуальных направителей

№	Порода	Вес(кг)	TPA До	TPA ожидае-мый	TPA после	Разница TPA	mMP-TA До	mMPTA После	Разница
1	Бурбуль	69,3	21,34	5,00	5,70	0,7	86,87	86,71	0,16
2	Среднеази-атская ов-чарка	55,3	25,61	5,00	5,31	0,31	89,40	89,28	0,12
3	Ка-де-бо	31,2	31,15	5,00	5,45	0,45	89,79	89,62	0,17
4	Метис	15,2	32,85	5,00	5,10	0,1	81,73	81,45	0,28
5	Йоркшир-ский терь-ер	3,2	25,37	5,00	5,92	0,92	79,03	78,82	0,21
6	Чихуа-хуа	1,5	24,05	5,00	5,82	0,82	79,76	79,46	0,3
ср. знач.		29,28± 25,46	26,73± 4,03	5,00	5,55± 0,29	0,58±0, 28	84,43± 4,32	84,06± 4,53	0,21± 0,06

Таблица 2 – Предоперационные и постоперационные показатели угловых характеристик большеберцовой кости при операциях без применения индивидуальных направителей

№	Порода	Вес(кг)	TPA До	TPA ожидаем	TPA после	Разница TPA	mMP-TA До	mMPTA После	Разница
1	Бурбуль	69,3	21,34	5,00	6,27	1,27	86,87	86,12	0,75
2	Среднеазиатская овчарка	55,3	25,61	5,00	6,53	1,53	89,40	88,60	0,8
3	Ка-де-бо	31,2	31,15	5,00	6,11	1,11	89,79	88,31	1,48
4	Метис	15,2	32,85	5,00	6,29	1,29	81,73	81,15	0,58
5	Йоркширский терьер	3,2	25,37	5,00	4,21	-0,79	79,00	77,93	1,07
6	Чихуа-хуа	1,5	24,05	5,00	6,52	1,52	79,76	77,68	2,08
ср. знач.		9,28± 25,46	26,73± 4,03	5,00	5,99± 0,72	0,99± 0,79	84,42± 4,31	83,31± 4,71	1,13± 0,50

Таблица 3 – Время оперативного вмешательства с применением индивидуального направителя и без

№	Время моделирования (мин)	Время 3D печати (мин)	Время операции с направителем (Мин)	Время операции без направителя (Мин)
1	16	80	38	105
2	18	80	35	97
3	16	50	29	85
4	18	40	25	75
5	20	30	25	70
6	19	30	27	73
ср. знач.	17,83±1,46	51,67±21,14	29,83±4,98	84,17±12,97

В первой группе средняя разница между ожидаемыми и послеоперационными углами TPA и mMPTA составляла 0,58 ± 0,28° и 0,21±0,06 °соответственно. Во второй группе средняя разница между ожидаемыми и послеоперационными углами TPA, mMPTA составляла 0,99±0,79° и 1,13±0,50° соответственно.

Послеоперационное рентгенографическая оценка показала, что в группе CCWO послеоперационный TPA был значительно выше, чем в группе CCWO с применением индивидуальных хирургический направителей. Среднее отклонение послеоперационного TPA от предполагаемых 5° было значительно больше в группе CCWO, чем в группе CCWO с применением индивидуальных хирургический направителей (Табл. 2).

Послеоперационное рентгенографическая оценка показала, что в группе CCWO послеоперационный TPA был значительно выше, чем в группе CCWO с применением индивидуальных хирургический направителей. Среднее отклонение послеоперационного TPA от предполагаемых 5° было значительно больше в группе CCWO, чем в группе CCWO с применением индивидуальных хирургический направителей (Табл. 2).

Выполнялась оценка среднего времени операции в обеих группах. Среднее время классической операции CCWO (84,17 ± 12,97 мин) было на 64,56% больше, чем в группе CCWO с применением индивидуального хирургического направителя (29,8 3± 4,98 мин) (Табл. 3).

В этом исследовании описана методология моделирования анатомических индивидуальных остеотомических направителей для коррекции избыточного угла наклона плато (eTPA) большеберцовой кости с межфрагментарной репозицией и компрессией по методике классического CCWO (Slocum and Devine). Этот процесс включает этапы сегментации, моделирования, печати индивидуального анатомического направителя и оперативного вмешательства. Виртуальные 3D-модели тазовых конечностей были созданы на основе КТ-томограмм и обработаны в программном обеспечении для 3D-визуализации и моделирования.

Все направители были конгруэнты кости и фиксировались благодаря соответствию формы направителя к гребню большеберцовой кости. Конструкция

направителей для собак весом менее 10 кг была изменена из-за хрупкости стенок, обусловленной их небольшим размером. Для предотвращения возможного повреждения направителя во время проведения спиц, были внесены изменения в конструкцию направителя, включающие удаление одного краниального канала для проведения спиц из проксимальной и дистальной части направителя.

Выбор послеоперационного угла TPA в 5 градусов обусловлен оптимальным диапазоном от 4 до 6 градусов. Использование индивидуального корректирующего уравнения на этапе проектирования направителя позволило определить величину ожидаемого угла коррекции с учетом сдвига длинной оси большеберцовой кости [21]. В качестве послеоперационного контроля угловых характеристик большеберцовой кости была выбрана рентгенография, так как в предыдущих исследованиях не было выявлено существенной разницы между КТ и рентгенографическими данными для проксимального отдела ББК [22].

TPA 6 конечностей был скорректированы до оптимального значения с сохранением значения механического медиально-проксимального угла большеберцовой кости (mMPTA). Операционное время засекалось от момента первого разреза кожи до полного ушивания операционной раны. Из времени обеих групп было исключено время на предоперационную подготовку операционной и конечностей кадаверного материала. Полученные результаты времени операции (29,83 ± 5,46 мин) показывают, что применение индивидуального хирургического направителя CCWO позволяет значительно сократить время оперативного вмешательства.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Разработанный метод создания индивидуального направителя для остеотомии по методике классического CCWO у собак с применением аддитивных технологий показал значительные преимущества. Самостоятельное выполнение сегментации, моделирования и печати индивидуальных анатомических направителей позволяет достичь высокой точности послеоперационных углов TPA и mMPTA. В группе с индивидуальными направителями средняя разница между ожидаемыми и послеоперационными углами TPA и mMPTA составляла 0,58 ± 0,28° и 0,21 ± 0,06° соответственно, что значительно лучше по сравнению с группой без направителей (0,99 ± 0,79° и 1,13 ± 0,50°).

Кроме того, использование индивидуальных направителей существенно сокращает время операции. Среднее время операции CCWO с направителем составило 29,83 ± 4,98 минут, что на 64,56% меньше по сравнению с классической методикой CCWO без направителя (84,17 ± 12,97 минут).

Таким образом, внедрение индивидуальных направителей, созданных с использованием аддитивных технологий, не только улучшает точность хирургических вмешательств, но и значительно сокращает время операции, что может способствовать более быстрому восстановлению пациентов.

CREATION OF CUSTOMISED GUIDEWIRES FOR CORRECRTIVE TIBIAL OSTEOTOMY IN DOGS

Rodionov V.D.[1] – the applicant, assistant of the Department of Veterinary Medicine (ORCID 0009-0005-4016-7061); **Bogolyubov I.D.** [1*] – student of the specialty of the Department of Veterinary Medicine (ORCID 0009-0003-2707-2610); **Karelin M.S.**[2] – specialist, leading surgeon, orthopedist-traumatologist (ORCID 0009-0005-0178-3822).

[1] RUDN University Named after Lumumba, Moscow, Russian Federation;

[2] Network of veterinary clinics “White Fang”, Moscow, Russian Federation;

[*]bogolyubov.ivan@mail.ru

Acknowledgments: The authors express their sincere gratitude to Lusine Samvelovna Barseghyan, Artem Mikhailovich Lutsenko, Olga Vladimirovna Pakhomova and Ksenia Nikolaevna Utushkina for their significant contributions to the methodology and for

valuable discussions that improved this paper.

ABSTRACT

A methodology was developed to create a customized guide for Cranial Closing Wedge Osteotomy (CCWO) in dogs using additive technology. The study included a comparative evaluation of the accuracy of tibial angle correction and the duration of surgery with and without a customized osteotomy guide. The pelvic limbs of six cadaver dogs of different breeds and weight categories were used in the experiment. Postoperative Tibial Plate Angle (TPA) and mechanical medial proximal tibial plate angle (mMPTA) were analyzed in both groups to evaluate the effectiveness of the method. In the group with a guide, the mean difference between expected and postoperative TPA and mMPTA angles was 0.58±0.28° and 0.21±0.06°, whereas these values were significantly higher in the group without a guide, 0.99±0.79° and 1.13±0.50°, respectively. In addition, the use of a customized guidewire significantly shortened the duration of surgical intervention. The average time of CCWO surgery with the use of the guidewire was 29.83±4.98 min, which is 64.56% less than that of classical CCWO without the guidewire (84.17±12.97 min). The developed method allows to perform precision planning of osteotomy, providing high accuracy of surgical intervention and significantly reducing the operation time. The introduction of individual guidewires based on 3D modeling and printing contributes to the optimization of the CCWO technique and can improve the efficiency of treatment of dogs with excessive tibial plateau inclination angle.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Carwardine DR, Gosling MJ, Burton NJ, O'Malley FL, Parsons KJ. Three-Dimensional-Printed Patient-Specific Osteotomy Guides, Repositioning Guides and Titanium Plates for Acute Correction of Antebrachial Limb Deformities in Dogs. Vet Comp Orthop Traumatol. 2021 Jan;34(1):43-52. doi: 10.1055/s-0040-1709702. PMID: 32356295.

2.Hamilton-Bennett SE, Oxley B, Behr S. Accuracy of a patient-specific 3D printed drill guide for placement of cervical transpedicular screws. Vet Surg. 2018 Feb;47(2):236-42. doi: 10.1111/vsu.12734. PMID: 29064584.

3.Jeon JW, Kang KW, Kim WK, Jung C, Kang BJ. Three-dimensional-printed patient-specific guides for tibial deformity correction in small-breed dogs. Am J Vet Res. 2023 Oct 9;84(12):ajvr.23.06.0146. doi: 10.2460/ajvr.23.06.0146. PMID: 38041942.

4.Timercan A, Brailovski V, Petit Y, Lussier B, Séguin B. Personalized 3D-printed endoprostheses for limb sparing in dogs: Modeling and in vitro testing. Med Eng Phys. 2019 Sep;71:17-29. doi: 10.1016/j.medengphy.2019.07.005. PMID: 31327657.

5.Ковалёв Е. В. и др. Индивидуальные навигационные шаблоны для установки транспедикулярных винтов в хирургии позвоночника: систематический обзор // Проблемы здоровья и экологии. – 2022. – Т. 19. – №. 3. – С. 5-17.

6.Яриков А. В. и др. Применение аддитивных технологий 3D-печати в нейрохирургии, вертебрологии, травматологии и ортопедии //Клиническая практика. – 2021. – Т. 12. – №. 1. – С. 90-104.

7.Peters KM, Hutter E, Siston RA, Bertran J, Allen MJ. Surgical navigation improves the precision and accuracy of tibial component alignment in canine total knee replacement. Vet Surg. 2016 Jan;45(1):52-9. doi: 10.1111/vsu.12429. PMID: 26731596.

8.Hall EL, Baines S, Bilmont A, Oxley B. Accuracy of patient-specific three-dimensional-printed osteotomy and reduction guides for distal femoral osteotomy in dogs with medial patella luxation. Vet Surg. 2019 May;48(4):584-91. doi: 10.1111/vsu.13126. PMID: 30446995.

9.Schweizer A, Mauler F, Vlachopoulos L, Nagy L, Fürnstahl P. Computer-assisted 3-dimensional reconstructions of scaphoid fractures and nonunions with and without the use of patient-specific guides: early clinical outcomes and postoperative assessments of reconstruction accuracy. J Hand Surg Am.

2016 Jan;41(1):59-69. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.10.009. PMID: 26710736.
10.Altwal J, Wilson CH, Griffon DJ. Applications of 3-dimensional printing in small-animal surgery: a review of current practices. Vet Surg. 2022 Jan;51(1):34-51. doi: 10.1111/vsu.13739. PMID: 34633081.
11.Oxley B. Bilateral shoulder arthrodesis in a Pekinese using three-dimensional printed patient-specific osteotomy and reduction guides. Vet Comp Orthop Traumatol. 2017;30(3). doi: 10.3415/VCOT-16-10-0144.
12.Yoon HR, Cho CW, Ryu CH, Lee JH, Jeong SM, Lee HB. Comparison between novice and experienced surgeons performing corrective osteotomy with patient-specific guides in dogs based on resulting position accuracy. Vet Sci. 2021;8(3). doi: 10.3390/vetsci8030040.
13.Abdullah JY, Abdullah AM, Hadi H, Husein A, Rajion ZA. Comparison of STL skull models produced using open-source software versus commercial software. Rapid Prototyp J. 2019;25(10). doi: 10.1108/RPJ-08-2018-0206.
14.Green N, Glatt V, Tetsworth K, Wilson LJ, Grant CA. A practical guide to image processing in the creation of 3D models for orthopedics. Tech Orthop. 2016. doi: 10.1097/BTO.0000000000000181.
15.Mulford JS, Babazadeh S, Mackay N. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: review of current and future applications. ANZ J Surg. 2016 Sep;86(9):648-53. doi: 10.1111/ans.13533. PMID: 27071485.
16.Tetsworth KD, Mettyas T. Overview of emerging technology in orthopedic surgery: what is the value in 3D modeling and printing? Tech Orthop. 2016. doi: 10.1097/BTO.0000000000000187.
17.Ganry L, Hersant B, Bosc R, Leyder P, Quilichini J, Meningaud JP. Study of medical education in 3D surgical modeling by surgeons with free open-source software: example of mandibular reconstruction with fibula free flap and creation of its surgical guides. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2018 Sep;119(4):262-7. doi: 10.1016/j.jormas.2018.02.012. PMID: 29499364.
18.Petazzoni M. Atlas of Clinical Goniometry and Radiographic Measurements of the Canine Pelvic Limb. 2008.
19.Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, Witsberger TH. Radiographic measurement of canine tibial angles in the sagittal plane. Vet Surg. 2008 Apr;37(3):300-5. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00381.x. PMID: 18394079.
20.Moreira Dvm LR, Sparks Gradis T, Daniel I, Ogden Bvsc M. Predicting tibial plateau angles following four different types of cranial closing wedge ostectomy. Vet Surg. 2024 Jan;53(1):143-54. doi: 10.1111/vsu.14033. PMID: 37749853.
21.Paley D. Principles of deformity correction. 2002. doi: 10.1007/978-3-642-59373-4.
22.Yasukawa S, Edamura K, Tanegashima K, Seki M, Teshima K, Asano K, et al. Evaluation of bone deformities of the femur, tibia, and patella in toy poodles with medial patellar luxation using computed tomography. Vet Comp Orthop Traumatol. 2016;29(1). doi: 10.3415/VCOT-15-05-0089. PMID: 26638694.

REFERENCES

1.Carwardine DR, Gosling MJ, Burton NJ, O'Malley FL, Parsons KJ. Three-Dimensional-Printed Patient-Specific Osteotomy Guides, Repositioning Guides and Titanium Plates for Acute Correction of Antebrachial Limb Deformities in Dogs. Vet Comp Orthop Traumatol. 2021 Jan;34(1):43-52. doi: 10.1055/s-0040-1709702. PMID: 32356295.
2.Hamilton-Bennett SE, Oxley B, Behr S. Accuracy of a patient-specific 3D printed drill guide for placement of cervical transpedicular screws. Vet Surg. 2018 Feb;47(2):236-42. doi: 10.1111/vsu.12734. PMID: 29064584.
3.Jeon JW, Kang KW, Kim WK, Jung C, Kang BJ. Three-dimensional-printed patient-specific guides for tibial deformity correction in small-breed dogs. Am J Vet Res. 2023 Oct 9;84(12):ajvr.23.06.0146. doi: 10.2460/ajvr.23.06.0146. PMID: 38041942.
4.Timercan A, Brailovski V, Petit Y, Lussier B, Séguin B. Personalized 3D-printed endoprostheses for limb sparing in dogs: Model-

ing and in vitro testing. Med Eng Phys. 2019 Sep;71:17-29.
5.Kovalev E. V. and others. Customized navigation templates for installing transpedicular screws in spinal surgery: a systematic review //Health and environmental issues. – 2022. – Vol. 19. – No. 3. – pp. 5 -17.
6.Yarikov A.V. and others. Application of additive 3D printing technologies in neurosurgery, vertebrology, traumatology and orthopedics //Clinical practice. – 2021. – Vol. 12. – No. 1. – pp. 90-104.
7.Peters KM, Hutter E, Siston RA, Bertran J, Allen MJ. Surgical navigation improves the precision and accuracy of tibial component alignment in canine total knee replacement. Vet Surg. 2016 Jan;45(1):52-9.
8.Hall EL, Baines S, Bilmont A, Oxley B. Accuracy of patient-specific three-dimensional-printed osteotomy and reduction guides for distal femoral osteotomy in dogs with medial patella luxation. Vet Surg. 2019 May;48(4):584-91.
9.Schweizer A, Mauler F, Vlachopoulos L, Nagy L, Fürnstahl P. Computer-assisted 3-dimensional reconstructions of scaphoid fractures and nonunions with and without the use of patient-specific guides: early clinical outcomes and postoperative assessments of reconstruction accuracy. J Hand Surg Am. 2016 Jan;41(1):59-69. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.10.009. PMID: 26710736.
10.Altwal J, Wilson CH, Griffon DJ. Applications of 3-dimensional printing in small-animal surgery: a review of current practices. Vet Surg. 2022 Jan;51(1):34-51. doi: 10.1111/vsu.13739. PMID: 34633081.
11.Oxley B. Bilateral shoulder arthrodesis in a Pekinese using three-dimensional printed patient-specific osteotomy and reduction guides. Vet Comp Orthop Traumatol. 2017;30(3). doi: 10.3415/VCOT-16-10-0144.
12.Yoon HR, Cho CW, Ryu CH, Lee JH, Jeong SM, Lee HB. Comparison between novice and experienced surgeons performing corrective osteotomy with patient-specific guides in dogs based on resulting position accuracy. Vet Sci. 2021;8(3).
13.Abdullah JY, Abdullah AM, Hadi H, Husein A, Rajion ZA. Comparison of STL skull models produced using open-source software versus commercial software. Rapid Prototyp J. 2019;25(10).
14.Green N, Glatt V, Tetsworth K, Wilson LJ, Grant CA. A practical guide to image processing in the creation of 3D models for orthopedics. Tech Orthop. 2016.
15.Mulford JS, Babazadeh S, Mackay N. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: review of current and future applications. ANZ J Surg. 2016 Sep;86(9):648-53.
16.Tetsworth KD, Mettyas T. Overview of emerging technology in orthopedic surgery: what is the value in 3D modeling and printing? Tech Orthop. 2016. doi: 10.1097/BTO.0000000000000187.
17.Ganry L, Hersant B, Bosc R, Leyder P, Quilichini J, Meningaud JP. Study of medical education in 3D surgical modeling by surgeons with free open-source software: example of mandibular reconstruction with fibula free flap and creation of its surgical guides. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2018 Sep;119(4):262-7. doi: 10.1016/j.jormas.2018.02.012. PMID: 29499364.
18.Petazzoni M. Atlas of Clinical Goniometry and Radiographic Measurements of the Canine Pelvic Limb. 2008.
19.Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, Witsberger TH. Radiographic measurement of canine tibial angles in the sagittal plane. Vet Surg. 2008 Apr;37(3):300 -5. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00381.x. PMID: 18394079.
20.Moreira Dvm LR, Sparks Gradis T, Daniel I, Ogden Bvsc M. Predicting tibial plateau angles following four different types of cranial closing wedge ostectomy. Vet Surg. 2024 Jan;53(1):143-54. doi: 10.1111/vsu.14033. PMID: 37749853.
21.Paley D. Principles of deformity correction. 2002. doi: 10.1007/978-3-642-59373-4.
22.Yasukawa S, Edamura K, Tanegashima K, Seki M, Teshima K, Asano K, et al. Evaluation of bone deformities of the femur, tibia, and patella in toy poodles with medial patellar luxation using computed tomography. Vet Comp Orthop Traumatol. 2016;29 (1).

НЕЗАРАЗНЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 619:616.61-008.64
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.416

ОЦЕНКА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПАТОЛОГИИ ПОЧЕК У КОШЕК

Шляпникова Н.И.[1] – соиск. каф. анатомии и физиологии; **Чиркова А.С.**[1] – асп. каф. анатомии и физиологии; **Скосырских Л.Н.**[1] – канд. ветеринар. наук, доц. каф. незаразных болезней (ORCID 0000-0001-6208-6565); **Сидорова К.А.**[1] – д-р биол. наук, проф., зав. каф. анатомии и физиологии (ORCID 0000-0001-6912-7454); **Щипакин М.В.**[2] – д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-2960-3222).

[1] ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

Shhedrinani.24@ibvm.gausz.ru

Ключевые слова: *диагностика, почки, недостаточность, кошки, кровь, моча, УЗИ, клинические признаки.*

Keywords: *diagnosis, kidneys, insufficiency, cats, blood, urine, ultrasound, clinical signs.*

Поступила: 24.12.2024 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Кошки довольно часто страдают от широкого спектра патологий почек, некоторые из них протекают остро/подостро, но имеют потенциально обратимый характер при своевременной диагностике и правильном лечении. Большинство же нефропатий кошек имеют хроническое течение, и для достижения значимого снижения ренальной дисфункции требуется проведение комплексной терапии. При проведении исследований, были проанализированы амбулаторные карты пациентов, поступающих в ветеринарную клинику. Особенность хронических заболеваний почек заключается в их скрытности – оставшаяся часть нефронов берет функцию погибших клеток и поэтому клинически болезнь еще долгое время не проявляется. Почки годами могут поддерживать гомеостаз организма даже на фоне тяжелых поражений своей паренхимы и лоханочного комплекса. Объектом исследования являлись кошки различных пород, с симптомами вялости, апатии и рвоты, у которых подтвердился диагноз «Хроническая болезнь почек» (ХПН). Согласно анамнезу у 1050 кошек, владельцы отмечали признаки вялости, апатии, кахексии и отказа от еды, летаргии. Общий анализ мочи в рутинном исследовании показывает отклонения и снижение скорости СКФ более чем в

половине случаев обращений владельцев животных – 54,8 %. При ультразвуковом исследовании животных с ХПН почки имели, как правило небольшой размер, неправильную форму и повышенную эхогенность, границы между корковым и мозговым слоями сглажены. Метод ультразвуковой диагностики является визуальным исследованием и интерпретируется лечащим врачом совместно с данными осмотра, анамнеза и дополнительных анализов.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Кошки довольно часто страдают от широкого спектра патологий почек, некоторые из них протекают остро/подостро, но имеют потенциально обратимый характер при своевременной диагностике и правильном лечении. Большинство же нефропатий кошек имеют хроническое течение, и для достижения значимого снижения ренальной дисфункции требуется проведение комплексной терапии [1-3].

Закономерным исходом большинства хронически протекающих нефропатий является достижение II-IV степени хронической почечной недостаточности по IRIS. И именно эта патология будет являться наиболее вероятной причиной их гибели [8,12,13].

Это обусловлено тем, что кошки пьют меньше в сравнении с собаками, как следствие этого у них более концентрированная моча. Концентрация мочи у кошки в среднем составляет 1.050 ммоль/л, тогда как у собаки-1.030 ммоль/л, в сравнении с человеком 1.020 ммоль/л. Вместе с тем диагноз хроническая почечная недостаточность связан с особенностью строения почек кошки, а именно с небольшим количеством функциональных клеток почки) – нефронов (500 тысяч нефронов, тогда как у собаки 800 тысяч), которые в силу возраста или других факторов постепенно отмирают. Особенность хронических заболеваний почек заключается в их скрытности – оставшаяся часть нефронов берет функцию погибших клеток и поэтому клинически болезнь еще долгое время не проявляется. Почки годами могут поддерживать гомеостаз организма даже на фоне тяжелых поражений своей паренхимы и лоханочного комплекса [4,6,7,15]. Цель исследований – провести анализ диагностических мероприятий при почечной недостаточности кошек.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объектом исследования являлись кошки различных пород, с симптомами вялости, апатии и рвоты, у которых подтвердился диагноз «Хроническая болезнь почек» (ХПН). Все данные об обследованных животных были структурированы, статистически обработаны с использованием программы Microsoft Office Excel и оформлены в виде таблиц и диаграмм.

Неспецифические данные при физическом осмотре пациентов с ХПН включают депрессию, обезвоживание, гипотермию и изъязвления в полости рта. При пальпации брюшной полости у пациентов можно выявить безболезненные маленькие почки неправильной формы. Слизистые как правило светло-розовые. Пациент анарексичен или кахексичен, шерстный покров тусклый, тургор кожи снижен, в анамнезе рвота чаще 1 раза в неделю, гипорексия, сниженное мочеиспускание. Важным этапом осмотра и диагностики будет измерение давления.

Для точности результатов анализа крови, ее забор осуществлялся из передней (подкожная вена предплечья) или задней (внутренняя бедренная вена) конечности, при соблюдении голодной диеты 6-8 часов. Кровь собирали в пробирки двух видов (для биохимического и общего анализаторов).

Анализ мочи незаменим при определении прогрессирования или ремиссии заболеваний мочевыводящей системы. Исследование мочи входило в основной перечень анализов всех пациентов старше 10 лет.

Относительная плотность измерялась с помощью рефрактометра, потеря концентрационной способности почек является одним из первых признаков заболеваний почечных канальцев.

Для общего анализа мочи ее собирали утром в специальную стерильную пробирку-контейнер.

УЗИ исследование проводили в дорсальном, левом или правом боковом положении.

Для уточнения диагноза, почки исследовали в нескольких продольных и поперечных сечениях, для оценки структуры, включая корковый, мозговой слои и собирательную системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При проведении исследований, были проанализированы амбулаторные карты пациентов, поступивших в клинику с начала 2022 года по первое полугодие 2024 года в ветеринарную клинику города Тюмени (5087 кошек).

Согласно анамнезу у 1050 кошек, владельцы отмечали признаки вялости, апатии, кахексии и отказа от еды, летаргии (Табл.1), (Рис.1).

Из данных табл. 1 выявлено, что потеря веса, снижение активности и отказ от еды наблюдались в 18,6% случаев. Это наиболее тревожные и заметные для владельцев признаки плохого самочувствия животного, которые редко остаются без внимания и заставляют владельцев обращаться за помощью. Кроме того, поступившие в таком состоянии пациенты уже имели 3 или 4 стадию хронической болезни почек, а прогностический прогноз у этих пациентов будет неблагоприятным.

Всем поступившим животным были рекомендовано: ультразвуковое исследование, взяты и проведены общий и биохимический анализы крови, а также общий клинический анализ мочи. При ультразвуковом исследовании животных с ХПН почки имели, как правило небольшой размер, неправильную форму и повышенную эхогенность, границы между корковым и мозговым слоями сглажены. В некоторых случаях при паренхиматозных заболеваниях почек в мозговом слое визуализируется периферическая гиперэхогенная полоса, параллельная границе между корковым и мозговым слоями, состоящая из очагов минерализации, некроза, застоя или кровоизлияний (Табл.2), (Рис. 2).

Таблица 1 – Кошки с клиническими признаками ХПН, (%)

Животные с клинической картиной ХПН	Число животных с клиническими признаками ХПН	Процентное соотношение, %
5087	948	18,6

Таблица 2 – Отклонения по результатам УЗ диагностики, (%)

Животные с клинической картиной ХПН	Число животных с отклонениями по результатам УЗ диагностики	Процентное соотношение, %
5087	2211	43,4

Исходя из данных таблицы 2, УЗИ картина демонстрирует отклонения в 43,4 % случаев. Однако визуальная картина не всегда выявляет истинные отклонения в работе почек, а метод ультразвуковой диагностики является визуальным исследованием и интерпретируется лечащим врачом совместно с данными осмотра, анамнеза и дополнительных анализов.

Общеклинический анализ крови (ОАК) – это один из важнейших диагностических методов, которые позволяют получить подробную информацию о состоянии периферической крови. В рамках ХЗП с помощью общего анализа крови важно оценить уровень анемии в крови [14,16,17].

В норме почки вырабатывают гормон эритропоэтин, стимулирующий образование эритроцитов в костном мозге. При уменьшении площади здоровой ткани почек выработка эритропоэтина, и как следствие, эритроцитов снижается, развивается анемия (снижение уровня эритроцитов и гемоглобина в крови), которая внешне проявляется слабостью и устало-

стью животного.

Системный процесс включает в себя так же снижение гемоглобина, гематокрита и тромбоцитов. В комплексе это ведет к разжижению крови и повышенной кровоточивости в организме пациента (Табл.3), (Рис.3).

Согласно данных табл. 3, отклонения в общем анализе крови встречались в 84% случаев. Диагностически значимыми являются – сниженный уровень гемоглобина, как предиктора анемии или воспалительного процесса. А также повышение количества лейкоцитов, свидетельствующих о наличии острых или хронических воспалений, бактериальных или инфекционных заболеваниях организма. Однако эти отклонения могут относиться и к другим заболеваниям кошек отличных от хронических заболеваний почек (ХЗП) [9,10].



Рисунок 1 – Число кошек с клиническими признаками хронической почечной недостаточности (ХПН), %.

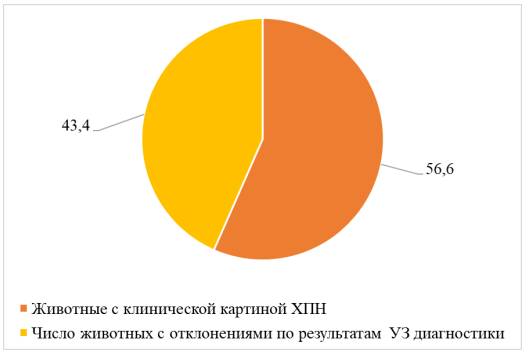


Рисунок 2 – Результаты ультразвуковой диагностики, %.



Рисунок 3 – Результаты общего анализа крови, %.

Таблица 3 – Отклонения по результатам общего анализа крови, (%)

Отклонения по результатам ОАК	Число животных с отклонениями по результатам ОАК	Процентное соотношение, %
Всего пациентов	5087	
Повышение лейкоцитов	658	12,9
Снижение гемоглобина	832	16,3
Понижение гематокрита	712	13,9
Снижение тромбоцитов	540	10,6
Другие отклонения по ОАК	1573	30,9

Таблица № 4 – Отклонения по результатам биохимического анализа крови, (%)

Отклонения по результатам БХАК	Число животных с отклонениями по результатам БХАК	Процентное соотношение, %
Всего пациентов	5087	
Повышение мочевины	841	16,5
Повышение креатинина	1001	19,6
Повышение фосфора	578	11,3
Другие отклонения по БХАК	1498	29,4

Таблица № 5 – Отклонения по результатам общего анализа мочи, (%)

Всего поступивших животных	Животные с клинической картиной ХПН	Процентное соотношение, %
5087	2681	52,7



Рисунок 4 - Результаты биохимического анализа крови, %.

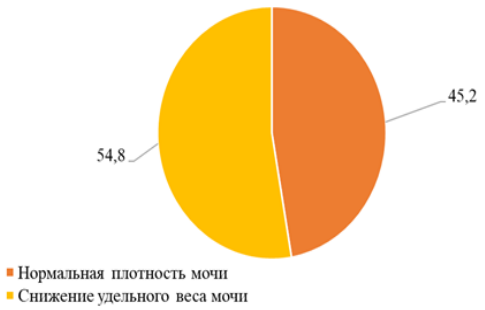


Рисунок 5 – Показатель удельного веса мочи, %.

Нарушения биохимического состава сыворотки включают азотемию-повышение мочевины и креатинина и гиперфосфатемию. Гиперкалиемия характерна для острого процесса, у пациентов с ХПН обычно наблюдается нормальный или низкий уровень калия в сыворотке крови. У некоторых пациентов, может наблюдаться гипокальциемия [5, 11].

Клинически значимыми для диагностики ХПН являются: мочевина, креатинин, фосфор. Их повышение – свидетельство о прогрессирующей устойчивой патологии нефронов (Табл.4), (Рис.4).

По результатам биохимического анализа крови выход из референтных значе-

ний значимых для диагностики показателей крови составил 76,8% от общего числа поступивших животных.

Относительная плотность может изменяться в зависимости от состояния гидратации и потребления жидкости [1]. Значения удельного веса мочи больше 1,035 у кошек свидетельствуют об адекватной концентрирующей способности почек.

Симптоматика и клиническая картина схожая с ХПН - снижение скорости клубочковой фильтрации (СКФ), отмечалось у 2303 животных (Таблица 4), (Рис.4).

По результатам таблицы 7, практически каждая третья кошка, обследующаяся в ветеринарной клинике, страдает снижением скорости клубочковой фильтрации, что неизбежно ведет к риску развития и повышению стадии ХПН. Полученные данные совпадают с результатами исследований в области нефрологии животных.

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Таким образом, общий анализ мочи в рутинном исследовании показывает отклонения и снижение скорости СКФ более чем в половине случаев обращений владельцев животных – 54,8 %. Примечательно, что показатели мочи реагируют быстрее, чем другие биологические жидкости организма и свидетельствуют о необходимости принятия своевременных терапевтических мер.

Риск развития почечной недостаточности выше у кошек старше 12 лет-34,4%. На основании проведенных исследований установлено, что наиболее точным, информативным и доступным методом ранней диагностики хронической болезни почек является метод определения удельного веса мочи, результат показал отклонения в 54, 8% случаев. В то время, как метод ультразвуковой диагностики в 43,4%.

EVALUATION OF DIAGNOSTIC MEASURES IN PATHOLOGY KIDNEYS IN CATS

Shlyapnikova N.I.[1] – candidate of the faculty anatomy and physiology; **Chirkova A.S**.[1] – asp. department. Anatomy and Physiology; **Skosyrskikh L.N.** [1] – cand. Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Non-communicable Diseases (ORCID 0000-0001-6208-6565); **Sidorova K.A.**[1] - Doctor of Biology, Professor, Head of the Department. Anatomy and Physiology (ORCID 0000-0001-6912-7454); **Shchipakin M.V**.[2] – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department. animal anatomy (ORCID 0000-0002-2960-3222).

1 State Agrarian University of the Northern Urals

2 St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*Shhedrinani.24@ibvm.gausz.ru

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Антибактериальная терапия при патологии почек мелких домашних животных / А. С. Чиркова, К. А. Сидорова, Л. Н. Скосырских, М. В. Щипакин // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2024. – № 1. – С. 54-58. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2024.1.54.

2. Бабаева Л.В. /Исследование почек в условиях интоксикации в эксперименте / Л.В. Бабаева // Морфология. – 2018. – Том. 153. – № 3. – С. 42.

3. Вильяльба И., Санчес И. Гематология и биохимия. Интерпретация лабораторных тестов и алгоритмов дифференциальной диагностики собак и кошек.-Пер. с англ.-М.: Издательство Аквариум, 2023 с.-172 с.: ил.).

4. Гертман А.М., Самсонова Т.С. Болезни почек и органов мочевыделительной системы животных: Учебное пособие. СПб.: Изд-во «Лань», – 2021.– 388 с.

5. Голивец Т.П., Журавлев Ю.И., Свидовская С.В [и др.] Современные аспекты диагностики и лечения хронической болезни почек: Учебное пособие / Белгород: ИПЦ «Политерра», – 2017. – 73 с.

6. Диагностика и лечение обструкции уретры у кота (клинический случай) / Н. А. Татарникова, О. В. Новикова, К. А. Сидорова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 7. – С. 92-98. – DOI 10.28983/asj.y2024i7pp92-98.

7.Зеленевский Н.В. Анатомия животных:

учебник для вузов/ Н.В. Зеленевский, М.В. Щипакин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 484 с.
8. К вопросу о терапии при мукоцеле у собак мелких пород / С. А. Веремеева, С. В. Козлова, Е. П. Краснолобова, К. А. Сидорова // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 11(176). – С. 138-143. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-11-138-143.
9. Ковесди К. П., Фурс С., Зоккали К. Ожирение и заболевание почек: скрытые последствия эпидемии // Клиническая нефрология. – 2017. – № 1.
10.Костецкий, Н. Я. Функциональные особенности некоторых компонентов крови отдельных представителей млекопитающих / Н. Я. Костецкий, К. А. Сидорова, Н. Г. Бобкова // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LIV Студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 10 ноября 2020 года. Том 2 часть. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. – С. 98-104.
11.Любарская О.А.,Любарская А.Б. Диабетическая нефропатия// Ветеринарная клиника, – 2014 – №4 (47).– с.27-30.
12.Пенник Д., д'Анжу М.-А. Атлас по ультразвуковой диагностике. Исследования у собак и кошек/ Пер. с англ. - М.: «Аквариум Принт», – 2015. – 504 с.
13.Роман Леонард. Современная ветеринарная медицина. Специальный выпуск. Нефрология кошек /Роман Леонард// Журнал. Издательство ООО ИИЦ «Зооинформ» – 2019 г. – с. 2.
14.Фарафонтова В.С. Интоксикация при хронической почечной недостаточности // Проблемы нормативно-правового регулирования в ветеринарной медицине. – 2010. – № 4. – С. 88-91.
15.Функциональные основы жизнедеятельности систем организма: Учебное пособие. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. – 208 с.
16.Шамсутдинова Н.В. Болезни мочевыделительной системы котов: монография. Казань: ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, – 2019. – 93 с.
17.Якушева, С. С. Физиологическое обоснование диагностических мероприятий при почечной недостаточности у кошек / С. С. Якушева, А. С. Чиркова, К. А. Сидорова // Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии : Сборник LVII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12 марта 2024 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. – С. 220-225.

REFERENCES

1. Antibacterial therapy in kidney pathology of small domestic animals / A. S. Chirkova, K. A. Sidorova, L. N. Skosyrskikh, M. V. Shchipakin // Regulatory and legal regulation in veterinary medicine. – 2024. – No. 1. – pp. 54-58. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2024.1.54.
2. Babaeva L.V. /Study of kidneys under conditions of intoxication in an experiment / L.V. Babaeva // Morphology. – 2018. – Vol. 153. – No. 3. – P. 42.
3. Villalba I., Sanchez I. Hematology and biochemistry. Interpretation of laboratory tests and algorithms for differential diagnosis of dogs and cats. -Translated from English. -M.: Aquarium Publishing House, 2023 p.-172 p.: ill.).
4. Gertman A.M., Samsonova T.S. Diseases of the kidneys and organs of the urinary system of animals: A textbook. St. Petersburg: Publishing house "Lan", – 2021.– 388 p.
5. Golivets T.P., Zhuravlev Yu.I., Svidovskaya S.V. [et al.] Modern aspects of diagnosis and treatment of chronic kidney disease: A textbook / Belgorod: CPI "Polyterra", 2017. 73 p.
6. Diagnosis and treatment of urethral obstruction in a cat (a clinical case) / N. A. Tatarnikova, O. V. Novikova, K. A. Sidorova [et al.] // Agrarian Scientific Journal. – 2024. – No. 7. – pp. 92-98. – DOI 10.28983/asj. y2024i7pp92-98.
7. Zelenevsky N.V. Animal anatomy: a textbook for universities/ N.V. Zelenevsky, M.V. Shchipakin. - 2nd ed., ster. - St. Petersburg: Lan, 2021. – 484 p.
8. On the issue of therapy for mucocele in

small breed dogs / S. A. Veremeeva, S. V. Kozlova, E. P. Krasnolobova, K. A. Sidorova // KrasGAU Bulletin. – 2021. – № 11 (176). – Pp. 138-143. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-11-138-143.
9. Kovesdi K. P., Furs S., Zokkali K. Obesity and kidney disease: hidden consequences of the epidemic // Clinical nephrology. – 2017. – № 1.
10. Kostetsky, N. Ya. Functional features of some blood components of individual representatives of mammals / N. Ya. Kostetsky, K. A. Sidorova, N. G. Bobkova // Current issues of science and economy: new challenges and solutions: Proceedings of the LIV Student Scientific and Practical Conference, Tyumen, November 10, 2020. Volume 2 part. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2020, pp. 98-104.
11. Lyubarskaya O.A., Lyubarskaya A.B. Diabetic nephropathy// Veterinary clinic, – 2014 – №4 (47).– pp.27-30.
12. Pennik D., d'Anjou M.-A. Atlas of ultrasound diagnostics. Research in dogs and cats/ Translated from English, Moscow: Aquarium Print, 2015, 504 p.
13. Roman Leonard. Modern veterinary medicine. Special issue. Nephrology of cats / Roman Leonard//Journal. Publishing house of LLC IIC "Zooinform" – 2019 – p. 2.
14. Farafontova V.S. Intoxication in chronic renal failure // Problems of regulatory regulation in veterinary medicine. - 2010. – No. 4. – pp. 88-91.
15. Functional foundations of vital activity of body systems: A textbook. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2022. 208 p.
16. Shamsutdinova N.V. Diseases of the urinary system of cats: monograph. Kazan: Kazanskaya GAVM, 2019, 93 p.
17. Yakusheva, S. S. Physiological justification of diagnostic measures for renal insufficiency in cats / S. S. Yakusheva, A. S. Chirkova, K. A. Sidorova // Strategic resources of the Tyumen agro-industrial complex: people, science, technology: Collection of the LVII International Scientific and practical Conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, March 12, 2024. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2024, pp. 220-225.

УДК: 591.511
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.424

НОВЫЙ ПОДХОД К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ПРОБЛЕМНОГО ПОВЕДЕНИЯ СОБАК-КОМПАНЬОНОВ. СООБЩЕНИЕ 1

Фомина А.С.* – канд. биол. наук, доц., доц. каф. «Биология и общая патология» (ORCID 0000-0002-4374-9244); **Васильев П.В.** – канд. техн. наук, доц. каф «Информационные технологии» (ORCID 0000-0003-4112-7449); **Долгов В.В.** – канд. техн. наук, доц., зав. каф «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» (ORCID 0000-0001-5601-6704); **Крикунова А.А.** – преп. каф. «Биология и общая патология» (ORCID 0009-0006-5475-5056); **Ермаков А.М.** – д-р биол. наук, проф., декан ф-та «Биоинженерия и ветеринарная медицина» (ORCID 0000-0002-9834-3989)

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

a*_bogun@mail.ru

Ключевые слова: *искусственный интеллект в зоопсихологии, акселерометрия у собак, психологические тесты для собак, служебные собаки, собака-компаньон, тревожность и агрессия у собак, анализ поведения собак*

Key words: *artificial intelligence in zoopsychology, accelerometry in dogs, psychological tests for dogs, service dogs, companion dog, anxiety and aggression in dogs, analysis of dog behavior.*

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-01561, https://rscf.ru/project/24-28-01561/

Поступила: 15.02.2025 **Принята к публикации: 06.03.2025**
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В статье предлагается новый комплексный метод оценки проблемного поведения собак-компаньонов. Целью исследования является разработка системы комплексного анализа поведения собак с использованием поведенческих маркеров, бланковых тестов, носимых устройств и нейронных сетей. Метод включает последовательное выполнение тестовых проб и бланковых тестов. Для апробации и реализации метода в соответствии с парадигмой «Тест «Открытое поле» подготовлена экспериментальная площадка, на которой с применением двух аналоговых видеокамер, носимого акселерометра и гироскопа регистрируется свободное поведение собаки в рамках ряда экспериментальных проб. Пробы включали ознакомление с площадкой, типичное для данной собаки поведение при взаимодействии с владельцем и незнакомым человеком, нахождение в одиночестве, реакции на звуки (выстрел, гром, звуки фена) и запись ЭКГ. Поведение собак в процессе крепления портативного акселерометра и гироскопа и фиксации термограмм (с применением

ручной тепловизионной камеры) анализировались отдельно. Владельцами заполнялись опросные бланковые тесты для анализа анамнеза жизни и особенностей поведения собак. Во время записи мелкие признаки тревожного поведения анализировались с применением разработанного бланкового списка. Анализ полученных данных проводился как в ручном (бланковые опросники, мелкие поведенческие признаки), так и в полуавтоматизированном режиме (результаты акселерометрии, видеозаписи и термограммы). В процессе апробации были выявлены преимущества и ограничения каждого из используемых методов в условиях применения подхода, и показана результативность его использования – целиком или отдельных проб – для оценки поведения собак-компаньонов, рабочих и служебных собак. Результаты применимы для мониторинга поведения собак-компаньонов, рабочих и служебных собак, анализа возможных коррелят тревожного и агрессивного поведения, в зоопсихологических и этологических исследованиях.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В настоящее время в мировой науке особую актуальность приобретает проблема определения и диагностики причин повышенной тревожности собак-компаньонов [1-5]. Домашняя собака ввиду ее ориентированности на взаимодействие с человеком признается наиболее оптимальным модельным объектом для изучения поведенческих паттернов в норме и при избыточной тревожности [3]. Необходимость создания четкого подхода к выявлению и диагностике проблемного поведения собак обусловлена потребностью в понимании причин и механизмов возникновения ситуации избыточной тревожности как основной причины дезадаптации, а также прогнозированию развития подобных состояний у домашних, служебных и поисковых собак [6,7].

Для решения поставленной проблемы нами предлагается разработка комплексного метода, который позволит получить данные о типах и частоте регистрации поведенческих нарушений у собак-компаньонов, а также прогнозирование вероятных причин их возникновения.

Такой подход является востребованным как для зарубежной, так и для российской науки, поскольку создаст возможность объективной, всесторонней диагностики и прогнозирования вероятности, причин и последствий нарушений поведения собак без применения дорогостоящих инвазивных методов, требующих специальной подготовки, оборудования, реактивов. Использование корреляций физиологических и поведенческих показателей создаст возможность использования данного метода в научных исследованиях для увеличения уровня объективности при диагностике поведенческих нарушений и определения вероятности их возникновения при заболеваниях собак [6, 8-10].

Многофакторный подход к изучению поведения может способствовать общему пониманию состояния собаки, выявлению признаков неблагополучия – физиологического, эмоционального, поведенческого, социального. Грамотная оценка заключается в комплексном подходе к анализу свободного поведения животных с учетом медицинского анамнеза и анамнеза жизни, поведенческих и опросных тестов, физиологических показателей состояния, оценки поз, движений и мелких признаков повышенной тревожности. Принятый в настоящее время подход к исследованию поведения домашних собак -компаньонов, оценке и выявлению поведенческих нарушений на основании одного конкретного метода не позволяет учесть все требуемые факторы.

Недостаточные знания о причинах проблемного поведения животных, высокая индивидуальная вариабельность двигательной активности, разный подход практикующих специалистов, отсутствие учета взаимовлияния владельцев и животных создают крайне разнородную информацию о методах выявления и коррекции поведения животных- компаньонов. Необходимо учитывать взаимосвязь длительно сохраняющейся тревожности собак с особенностями индивидуально-

типологических свойств центральной нервной системы, спецификой взаимоотношений с владельцами, социализацией, состоянием здоровья (в частности, вероятностью хронического болевого синдрома), возрастом и другими факторами. Цель исследования - внести вклад в благополучие и благосостояние собак-компаньонов, способствуя точной и объективной оценке их потребностей, поведения и общего качества жизни. Результаты этого исследования могут быть полезны владельцам собак, дрессировщикам и ветеринарам, помогая им принимать обоснованные решения относительно ухода за собаками, режима упражнений и поведенческих факторов.

На основании обобщения зарубежного опыта и собственных результатов экспериментальной и исследовательской работы нами был разработан, апробирован и внедрен комплексный метод оценки проблемного поведения на примере выборки собак-компаньонов. Ключевой задачей метода является возможность оценки психоэмоционального состояния собаки на основании анализа мелких поведенческих признаков, двигательных метрик, термографический изображений морды, а также опроса владельца или кинолога.

Метод базируется на сочетанном анализе информации, полученной с использованием бланковых тестов, показателей вариабельности сердечного ритма, термографии, видеорегистрации и анализа поведенческих паттернов с помощью технологии искусственного интеллекта на основе сверточной нейронной сети YOLOv8, используемой для анализа видеоряда. Предлагаемый метод обеспечит точное обнаружение и идентификацию нарушений поведения собак в реальном времени в различных условиях окружающей среды. На основании полученных данных возможна разработка этограммы нормального и отклоняющегося поведения собак [11-18].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Целевой группой животных являются домашние собаки-компаньоны. Данная группа животных не эквивалентна лабораторным, рабочим и служебным собакам, поскольку их типовое психоэмоциональное состояние, уровень адаптивности, направленность на взаимодействие с человеком, а также поведенческие паттерны различаются.

Для разработки и апробации метода было обследовано 30 собак мелких и средних пород. К участию допускались здоровые собаки весом от 4.2 кг до 20 кг. Владельцы были ознакомлены с целью исследования, протоколом обследования, тестовыми процедурами, и давали информированное письменное согласие на участие животного в обследовании, а также возможности использования полученных видеозаписей в научно-исследовательской и образовательной деятельности. Форма информированного согласия утверждена Локальным независимым этическим комитетом Донского государственного технического университета

Отбор собак проводился в соответствии со следующим критериями:

- Возраст от 1 года до 10 лет.
- Отсутствие в анамнезе недавно перенесенного заболевания любой этиологии (инфекционные, незаразные, хирургические), состояния реабилитации после операции или травм, а также острой стрессовой ситуации.
- Ветеринарный паспорт с отметкой о вакцинации сроком не ранее 3 недель и не позднее 1 года с даты последней вакцинации
- Оптимальное функциональное состояние на момент проведения обследования (несколько часов после приема пищи, отсутствие предварительной депривации сна, адекватное психоэмоциональное состояние, требуемая фаза полового цикла (анэструс).

Для обеспечения комфортного пребывания животных в условиях эксперимента обеспечен свободный доступ к воде, а также – по желанию владельца – доступ к пище и игрушкам.

Тестирование проводилось в рамках парадигмы «Открытое поле» в закрытом

помещении (4*4.5 метра) при температуре 21-22°С и влажности 32-33%. Тестируемый протокол исследования включал применение неинвазивных методов сбора данных (опрос, наблюдение, регистрация электрокардиограммы, дистантная термометрия, анализ видеозаписей поведения), не требовал применения седативных, обезболивающих и иных групп препаратов, механического обездвиживания животных, проведения инвазивного вмешательства, забора биологического материала и т.д.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

1. Разработка экспериментальной площадки

Для проведения исследования проблемного поведения собак-компаньонов была подготовлена экспериментальная площадка, подготовка которой происходила в рамках тестовой парадигмы «Открытое поле», включавшей ряд жестко стандартизированных поведенческих тестов.

Для обеспечения возможности расчета траектории движения при анализе видеозаписи на пол наносили разметку красного цвета в виде квадратов. Цвет был подобран экспериментальным путем как наименее раздражающий для собаки с учетом особенностей цветового восприятия. На пол были помещены миска для воды, игрушки из дезинфицируемого материала, стул для владельца. На левую стену помещения с отступом в 10 см от потолка была зафиксирована основная видеокамера Hikvision (разрешение 1920 на 1080 пикселей). На середине потолка была зафиксирована добавочная широкоформатная камера. По углам комнаты располагались посадочные места для двух штатных наблюдателей, а также располагался кардиограф.

Общий план площадки и вид с 2 точек видеосъёмки приведены на рис 1-3. В рамках застроенной площадки была проведена апробация методики исследования; в тестовой серии приняли участие 3 собаки.

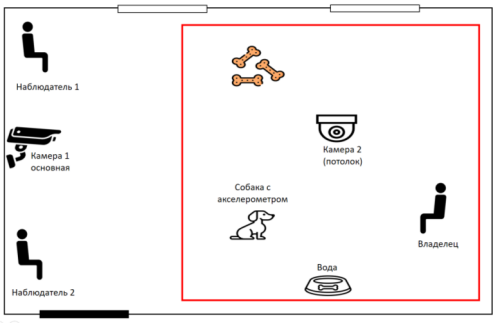


Рисунок 1 – Общий план экспериментальной площадки.



Рисунок 2 – Разметка и расположение объектов на площадке. Кадр с основной камеры №1.



Рисунок 3 – Общий вид с потолочной камеры №2.

2. Разработка блоков тестов и протокола эксперимента.

Процедура обследования включала следующие пробы (рисунок 4):

1. «Надевание акселерометра»: фиксация на ошейнике или шлейке собаки специального прибора, фиксирующего двигательную активность собаки

2. «Знакомство» - свободное поведение на площадке в течение 10 минут.

Данная проба необходима для снижения эффекта новизны у собаки, а также для оценки процесса адаптации к новой территории.

3. «Владелец» - типовой для данной собаки вариант взаимодействия в условиях площадки. В данной пробе фиксировалось наиболее типичное общение человека и собаки (передвижение по комнате, отработка или демонстрация команд, игра). Длительность пробы составляла не менее 5 минут.

4. «Незнакомец» - нахождение собаки на площадке совместно с человеком, контактов с которым ранее не было. Как правило, в качестве незнакомца выступали два определенных сотрудника факультета, которым предлагалось воспроизвести вариант поведения, продемонстрированный в предыдущей пробе. Длительность пробы составляла не менее 5 минут. В конце пробы оценивалась реакция собаки на возвращение владельца; данный интервал также оценивался как микропроба «Возврат1».

5. «Одиночество» - пребывание собаки на площадке в течение 5 минут. Данная проба производилась только после окончательного освоения собакой экспериментальной площадки. В конце пробы также оценивалась реакция собаки на возвращение владельца; данный интервал оценивался как микропроба «Возврат2».

6. «Громкий звук» - реакция собаки на подачу через аудиосистему громких резких звуков (выстрелы, гром).

7. «Тихий звук» - реакция собаки на подачу через аудиосистему негромких бытовых звуков (звук фена и пылесоса).

8. «ЭКГ» - регистрация ЭКГ в 3 стандартных отведениях от конечностей с использованием ветеринарного кардиографа «Полиспектр 8/В» (Нейрософт, Россия) в течение 5 минут. Собака находилась в положении лежа на полу на правом боку рядом с владельцем. Фиксация была минимальной для предотвращения избыточной тревожности.

9. «Тепловизор» - данная проба была введена отдельно для оценки реакции на посторонний предмет, поскольку на типовые нейтральные объекты собаки явной реакции не проявляли.



Рисунок 4 – Схема и хронометраж протокола исследования.

3. Разработка добавочных проб, тестов и бланков

Для анализа особенностей поведения нами был использован адаптированный бланковый тест C-BARQ. Данный тест был разработан и апробирован Пенсильванским университетом [19] для оценки пригодности служебных собак к работе. Тест состоит из 7 шкал для оценки следующих показателей: «Дрессировка и послушание», «Агрессия», «Страх и тревожность», «Разлука», «Возбудимость», «Привязанность», «Иные признаки». Анализ и обработка результатов позволили отдифференцировать тревожных и спокойных собак (шкала «Страх и тревожность»), а также агрессивных и неагрессивных (Шкала «Агрессия»), что позволяет утверждать о пригодности подготовленной нами версии теста для анализа поведения собак-компаньонов.

4. Поведенческие маркеры тревожного поведения собак на площадке. Для визуальной оценки мелких поведенческих маркеров проблемного поведения собак был подготовлен бланк, содержащий перечень действий, доступных к наблюдению в условиях площадки.

Для разработки таблицы маркеров оценки тревожного поведения собак был проанализирован большой пласт зарубежной литературы, представленной в зарубежных базах данных Pubmed, Google Scolar. Было проанализировано более 120 статей, посвященных анализу признаков тревожного и агрессивного поведения собак. Отбор маркеров проводился на

основании приводимых сведений о корреляции поведенческих признаков проблемного поведения, жалоб владельцев, и данных о корреляции проявления признака и изменениях гормонального фона собаки.

В результате были отобраны более 60 действий, сведенных в таблицу для удобства работы на площадке. К таковым, в качестве примера, были отнесены почесывание, облизывание зеркала носа, встряхивание, попытки спрятаться, столкновения со стеной или предметами, прижатые уши, положение хвоста, дрожь, поиск зрительного контакта (при присутствии владельца), вокализации, стереотипное поведение (погоня за хвостом, хождение по кругу, вылизывание поверхностей и т.д.), слюноотделение, самотравмирование, мочеиспускание и/или дефекация.

Апробация возможности визуального отслеживания выделенных действий в условиях площадки была проведена в рамках тестовой серии обследований. Отдельно для каждой пробы фиксировался факт наличия признака и частота его встречаемости. Значимым считалось действие, повторяемое не менее 3 раз. Для дальнейшего анализа учитывалось общее количество таких признаков в пределах каждой пробы.

Тестирование позволило выявить, что мидриаз, разгрызание предметов, частота дыхания и сердцебиения, укусы, броски на предмет, длительные вокализации, приседания, смена ведущей лапы при ходьбе и беге недоступны для анализа ввиду трудности их фиксации в режиме реального времени. В связи с этим данные признаки из анализа были исключены. Уточнение полученных данных производилось 2 исследователям независимо друг от друга после осматривания видеозаписей поведения и сопоставления с таблицами, заполненными непосредственно во время обследования на площадке.

5. Термография. Регистрация температуры глаз и носового зеркала проводилась с помощью ручной тепловизионной камеры Hikmicro E1 (HIKMICRO, Китай) на расстоянии 15 см от кончика носа. Фиксация производилась в начале и в конце обследования, а также по завершении каждой пробы. Фиксировалось не менее 4 позиций: общий вид морды, левый глаз, правый глаз, нос. Для каждой позиции было получено и проанализировано не менее 3 качественных термограмм. Всего в рамках апробации метода было проанализировано не менее 1000 кадров.

Анализ проводился с применением разработанного для этой цели программного обеспечения [20]. Необходимость использования собственного ПО связана с высокой подвижностью собак, стремлением избегать контакта с прибором, а также необходимостью получения температуры из строго заданных точек на термограмме, варьирующих в зависимости от угла съемки, размеров морды собаки. Типовой вариант положения человека и собаки фиксации термограммы представлен на рисунке 5.

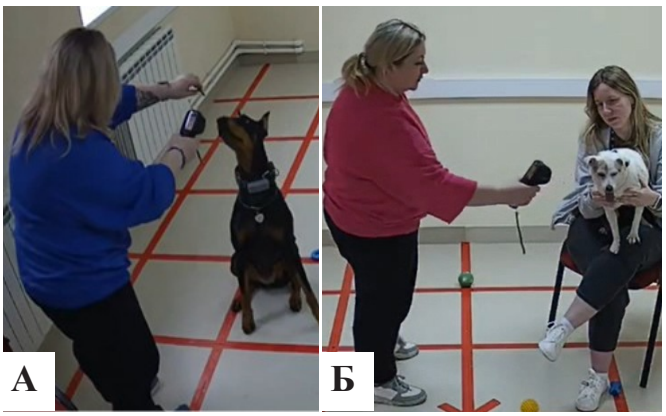


Рисунок 5 – Типовой вариант положения человека, крупной (А) и мелкой (Б) собаки при фиксации термограммы.

Ключевые точки для расчета представлены на рисунке 6. Для анализа температуры глаз, отбирались данные, зафиксированные в указанных на рисунке точках: верхний наружный угол глаза и внутренний угол глаза. Центральные точки в области верхней и нижней орбиты и по центру глаза были не информативны для анализа. Для носового зеркала термограмма анализировалась в трех точках.

Поскольку термография расценивается как косвенный маркер интенсивности микрокапиллярного кровотока, это может быть признаком его усиления для облегчения быстрых движений глаз в реакции «бей или беги» [21].

6. Акселерометрия. Для анализа двигательной активности собаки на собственный ошейник или шлейку животного устанавливается и плотно фиксируется специально разработанное автономное устройство на безе модуля GY-521 (MPU6050). На протяжении всего эксперимента происходит запись величин угловых скоростей (3-х осевой гироскоп) и линейных ускорений (3-х осевой акселерометр). Частота дискретизации данных составляет 100Гц.

Акселерометр надевался на собаку перед началом обследования и снимался в конце (рисунок 7). Синхронизация данных устройства с видеопотоком, получаемым с камер видеонаблюдения, осуществляется по времени.

На основе полученных данных строятся амплитудно-частотные и частотно-временные характеристики сигналов акселерометра и гироскопа. С помощью модели сверточной нейронной сети происходит их обработка и извлечение признаков, коррелирующих с шаблонами поведения животного (рисунок 8).



Рисунок 6 – Фиксированное положение точек глаза и носового зеркала для анализа термограммы.



Рисунок 7 – Общий вид автономного устройства для регистрации активности собак.

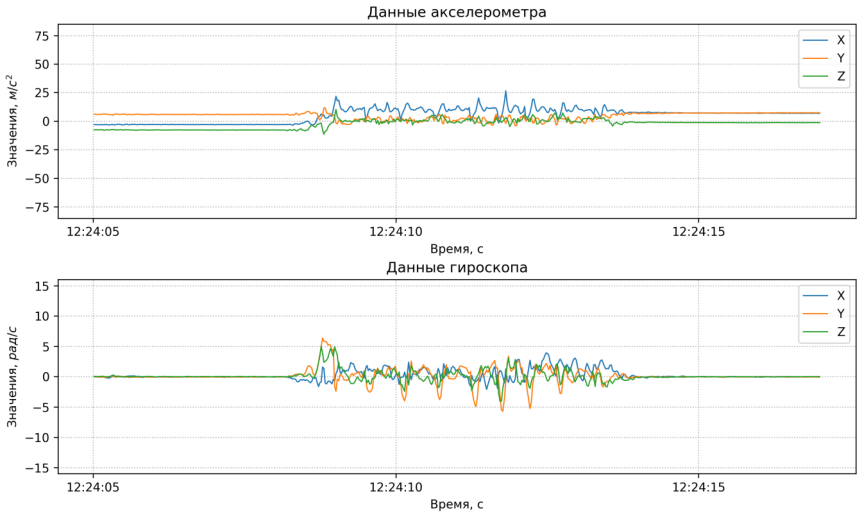


Рисунок 8 – пример данных акселерометрии с определением типа активности собаки (стойка на задних лапах).

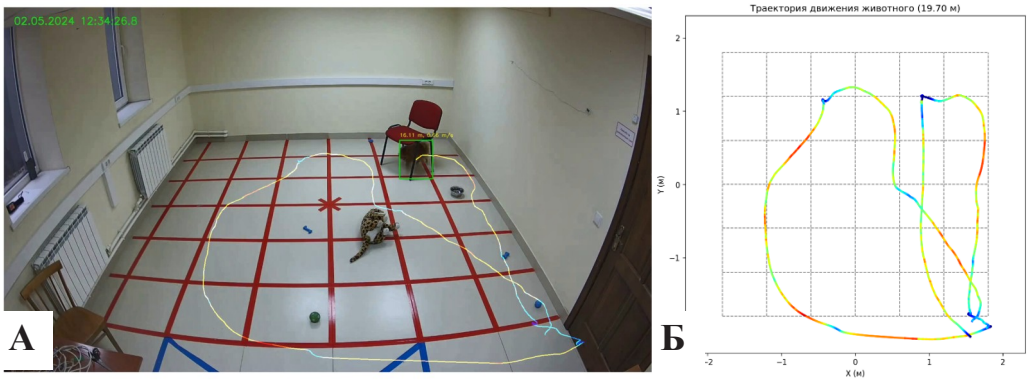


Рисунок 9 – пример визуализации траектории движения собаки по площадке: А – кадр из видеозаписи после отслеживания собаки и ее траектории с применением обученной нейронной сети BoT-SORT и алгоритма алгоритм BoT-SORT; Б – оцифрованная траектория движения собаки на выделенном временном фрагменте. Изображение собаки выделяется баундбоксом в отсроченном режиме при анализе данных.

Последующая кластеризация данных рамках поставленного эксперимента позволила оценить уровень тревожности животных.

7. Получение и обработка видеозаписей поведения собак на площадке. Данные видеонаблюдения, получаемые с обеих камер, были обработаны в режиме отсроченного времени сверточной нейронной сетью YOLOv8, которая позволяет проводить детектирование, получать траекторию перемещения, классифицировать позы и положения животного. В совокупности, с применением методов машинного обучения, данные, полученные с видео-камеры и датчиков движения дополняют друг друга и позволяют более точно провести анализ активности и дать

оценку тревожности животных. Кроме того, видео-записи используются для более точной синхронизации данных гироскопа и акселерометра с моментами, когда собака движется или изменяет свое положение на площадке. Это повышает точность анализа данных и помогает в оценке уровня активности и стресса животного.

В результате создается возможность отслеживания зон активности собаки, охвата территории площадки, скорости и траектории движения (рисунок 9). При сопоставлении с данными, полученными с применением остальных методик, создаются поведенческие портреты собак.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Предлагаемое исследование способно оказать значительное влияние на область оценки поведения собак-компаньонов, предоставляя комплексную и автоматизированную методику анализа их поведения с использованием видеозаписей. При апробации и метода и дальнейшей доработке было выявлено ряд ограничений. К таковым отнесены следующие:

1.на момент обследования собака не должна быть моложе 6 месяцев.

2.необходимость выполнения опросных тестов владельцами, что затрудняет сбор анамнеза жизни при недавнем приобретении;

3.необходимость присутствия владельца на площадке в зоне разметки и отсутствия посторонних людей.

4.возможный отказ от выполнения ряда проб (нахождение в одиночестве, ЭКГ) ввиду повышенной тревожности или агрессивности собаки.

5.необходимость жесткой фиксации акселерометра и его крепление в строго определенном месте – на шее собаки под нижней челюстью.

6.необходимость работы с нейронными сетями, что требует разметки полученных записей и подготовки специального программного кода.

В результате проделанной работы с использованием метода возможно

получение данных о типах и частоте регистрации поведенческих нарушений у домашних собак-компаньонов, а также спрогнозировать вероятные причины их возникновения. Предлагаемый метод обеспечит валидное и точное обнаружение и идентификацию нарушений поведения собак в реальном времени в различных условиях окружающей среды. Результатом станет создание системы для рутинной многомерной оценки благополучия собак на основе этограмм, которая может быть использована как в научных разработках, так в практическом применении для сортировки собак в приютах, подготовке служебных собак, собак-поводырей и поисковых собак, в ветеринарных клиниках, груминг- салонах, кинологическом спорте и иных видах деятельности.

A NEW APPROACH TO THE COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE PROBLEMATIC BEHAVIOR OF PET DOGS. MESSAGE 1

Fomina A.S.* - Candidate of Sciences. Biol. sciences, assoc. Department of Biology and General Pathology (ORCID 0000-0002-4374-9244); **Vasiliev P.V.** - Candidate of Technical Sciences, Assoc. Department "Information Technologies" (ORCID 0000-0003-4112-7449); **Dolgov V.V.** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head. KAF "Computer Engineering and Automated Systems Software" (ORCID 0000-0001-5601-6704); **Krikunova A.A.** - ass. Department of Biology and General Pathology (ORCID 0009-0006-5475-5056); **Ermakov A.M.** - Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Bioengineering and Veterinary Medicine (ORCID 0000-0002-9834-3989)

Don State Technical University

a*_bogun@mail.ru

Funding: *the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-28-01561, https://rscf.ru/project/24-28-01561/*

ABSTRACT

The article proposes a new comprehensive method for assessing the problematic

behavior of companion dogs. The aim of the study is to develop a system for the comprehensive analysis of dog behavior using behavioral markers, blank tests, wearable devices and neural networks. The method involves the sequential execution of a series of test samples and blank tests. To test and implement the method in accordance with the "Open Field Test" paradigm, a landfill has been prepared, within which, using two analog video cameras and a wearable accelerometer, the free behavior of a dog at the landfill is recorded as part of a series of experimental tests. The tests included familiarization with the training ground, typical behavior for this dog when interacting with the owner and a stranger, being alone, reactions to loud and quiet sounds, and ECG recording. Putting on an accelerometer and the dog's reaction to a thermal imaging camera were used as separate small tests. The owners separately filled out questionnaire blank tests to analyze the anamnesis of life and behavior of dogs outside the landfill. During the recording, minor behavioral signs of anxiety behavior were analyzed using a developed checklist. The analysis of the obtained data was carried out both manually (blank questionnaires, small behavioral signs) and in semi-automated mode (accelerometry, video recordings and thermography). During the testing process, the advantages and limitations of each of the methods used in the context of the approach were identified, and the effectiveness of its use – in whole or in separate samples – for evaluating the behavior of companion dogs, working and service dogs was shown. The results are applicable for monitoring the behavior of companion dogs, working and service dogs, analyzing possible correlates of anxious and aggressive behavior, in zoopsychologic and ethological studies.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Boyd, C. Mortality resulting from undesirable behaviours in dogs aged under three years attending primary-care veterinary practices in England / C. Boyd, S. Jarvis, P. McGreevy, et al // Animal Welfare. – 2018. – 27(3). – C. 251-262. DOI 10.7120/09627286.27.3.251. Режим доступа: https://doi.org/10.7120/09627286.27.3.251

2. Bruno, E.A. Global positioning system derived performance measures are responsive indicators of physical activity, disease and the success of clinical treatments in domestic dogs / E.A. Bruno, J.W. Guthrie, S.A. Ellwood, R.J. Mellanby, D.N. Clements // PLoS One. – 2015. – 10(2). – e0117094. – DOI 10.1371/journal.pone.0117094.

3. Dreschel, N. A. The effects of fear and anxiety on health and lifespan in pet dogs / N.A. Dreschel // Applied Animal Behaviour Science. – 2010. – 125(3–4). – C. 157-162 DOI 10.1016/j.applanim.2010.04.003. Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.04.003

4. Gácsi, M. Human analogue safe haven effect of the owner: behavioural and heart rate response to stressful social stimuli in dogs / M. Gácsi, K. Maros, S. Sernkvist, T. Faragó, A. Miklósi // PLoS One. – 2013. – 8 (3). – e58475. – DOI 10.1371/journal.pone.0058475.

5. Kimura, Y. Perception biases for problematic behaviors in dogs due to owners' attributes / Y. Kimura, S. Totani, S. Kameshima, N. Itoh // J Vet Med Sci. – 2023. – 85(7). – C. 763-771. – DOI 10.1292/jvms.23-0022. Режим доступа: https://doi.org/10.1292/jvms.23-0022

6. Aguilar-Lazcano, C.A. Machine learning-based sensor data fusion for animal monitoring: scoping review / C.A. Aguilar-Lazcano, I.E. Espinosa-Curiel, J.A. Ríos-Martínez, F.A. Madera-Ramírez, H. Pérez-Espinosa // Sensors (Basel). – 2023. - (12). – 5732. – DOI 10.3390/s23125732.

7. Li, M.F. The activity patterns of non-working and working sled dogs / M.F. Li, L. Nagendran, L. Schroeder, D.R. Samson // Sci Rep. – 2022. – 12(1). – 7999. – DOI 10.1038/s41598-022-11635-5.

8. Bleuer-Elsner, S. Computational Analysis of Movement Patterns of Dogs with ADHD-Like Behavior / S. Bleuer-Elsner, A. Zamansky, A. Fux, D. Kaplun, S. Romanov, A. Sinitca, S. Masson, D. van der Linden // Animals (Basel). – 2019. – 9(12). – 1140. – DOI 10.3390/ani9121140.

9. den Uijl, I. External validation of a collar-mounted triaxial accelerometer for second-by-second monitoring of eight behavioural states in dogs / I. den Uijl, C.B. Gómez Álvarez, D. Bartram, Y. Dror, R. Holland, A. Cook // PLoS One. – 2017. – 12(11). – e0188481. – DOI 10.1371/journal.pone.0188481.
10. Miller, S.L. The importance of evaluating positive welfare characteristics and temperament in working therapy dogs» / S.L. Miller, J.A. Serpell, K.R. Dalton, et al // Front Vet Sci. – 2022. – (9). – 844252. – DOI 10.3389/fvets.2022.844252. Режим доступа: https://doi.org/10.3389/fvets.2022.844252
11. Foster, M. Preliminary evaluation of a system with on-body and aerial sensors for monitoring working dogs / M. Foster, T. Wu, D.L. Roberts, A. Bozkurt // Sensors (Basel). – 2022. – 22(19). – 7631. – DOI 10.3390/s22197631.
12. Kasnesis, P. Deep learning empowered wearable-based behavior recognition for search and rescue dogs / P. Kasnesis, V. Doulgerakis, D. Uzunidis, D.G. Kogias, S.I. Funcia, M.B. González, C. Giannousis, C.Z. Patrikakis // Sensors (Basel). – 2022 – 22(3). – 993. – DOI 10.3390/s22030993.
13. Mariti, C. The assessment of dog welfare in the waiting room of a veterinary clinic / C. Mariti, E. Raspanti, M. Zilocchi, B. Carlone, A. Gazzano // Animal Welfare. – 2015. – 24 (3). – C. 299 – 305 – DOI 10.7120/09627286.24.3.299. Режим доступа: https://doi.org/10.7120/09627286.24.3.299
14. Marshall-Pescini, S. The Role of Oxytocin in the Dog-Owner Relationship / S. Marshall-Pescini, F.S. Schaebs, A. Gaugg, A. Meinert, T. Deschner, F. Range // Animals (Basel). – 2019. – 9(10). – 792. – DOI 10.3390/ani9100792.
15. Segurson, S.A. Evaluation of a behavioral assessment questionnaire for use in the characterization of behavioral problems of dogs relinquished to animal shelters / S.A. Segurson, J.A. Serpell, B.L. Hart // J Am Vet Med Assoc. – 2005. – 227(11). – 1755-61. – DOI 10.2460/javma.2005.227.1755.
16. Tiira, K. Prevalence, comorbidity, and behavioral variation in canine anxiety / K. Tiira, S. Sulkama, H. Lohi // Journal of Veterinary Behavior. – 2016. – 16. – C. 36-44. – DOI 10.1016/j.jveb.2016.06.008. Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.jveb.2016.06.008
17. Topál, J. Differential sensitivity to human communication in dogs, wolves, and human infants / J. Topál, G. Gergely, A. Erdohegyi, G. Csibra, A. Miklósi // Science. – 2009. – 325(5945). –1269-72. DOI 10.1126/science.1176960.
18. Vehkaoja, A. Description of movement sensor dataset for dog behavior classification / A. Vehkaoja, S. Somppi, H. Törnqvist, A. Valldeoriola Cardó, P. Kumpulainen, H. Väätäjä, P. Majaranta, V. Surakka, M.V. Kujala, O. Vainio // Data Brief. – 2022. – 40. – 107822. – DOI 10.1016/j.dib.2022.107822.
19. Duffy D. L. Predictive validity of a method for evaluating temperament in young guide and service dogs / Duffy D. L., Serpell J.A. // Applied Animal Behaviour Science. - 2012.- 1–2.- 99-109, https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.011
20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024680098 Российская Федерация. Программа просмотра и анализа термограмм морд домашних собак: № 2024667501 : заявл. 25.07.2024 : опубл. 26.08.2024 / А. С. Фомина, В. О. Раченкова, В. В. Долгов, А. А. Крикунова ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет».
21. Csoltova E. Behavioral and physiological reactions in dogs to a veterinary examination: Owner-dog interactions improve canine well-being / Csoltova E, Martineau M, Boissy A, Gilbert C. // Physiol Behav. – 2017.-177.-270-281. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.05.013

REFERENCES

1. Boyd, C. Mortality resulting from undesirable behaviours in dogs aged under three years attending primary-care veterinary practices in England / C. Boyd, S. Jarvis, P. McGreevy, et al // Animal Welfare. – 2018. – 27(3). – C. 251-262. DOI

10.7120/09627286.27.3.251. Режим доступа: https://doi.org/10.7120/09627286.27.3.251
2. Bruno, E.A. Global positioning system derived performance measures are responsive indicators of physical activity, disease and the success of clinical treatments in domestic dogs / E.A. Bruno, J.W. Guthrie, S.A. Ellwood, R.J. Mellanby, D.N. Clements // PLoS One. – 2015. – 10(2). – e0117094. – DOI 10.1371/journal.pone.0117094.
3. Dreschel, N. A. The effects of fear and anxiety on health and lifespan in pet dogs / N.A. Dreschel // Applied Animal Behaviour Science. – 2010. – 125(3–4). – С. 157-162 DOI 10.1016/j.applanim.2010.04.003. Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.04.003
4. Gácsi, M. Human analogue safe haven effect of the owner: behavioural and heart rate response to stressful social stimuli in dogs / M. Gácsi, K. Maros, S. Sernkvist, T. Faragó, A. Miklósi // PLoS One. – 2013. – 8 (3). – e58475. – DOI 10.1371/journal.pone.0058475.
5. Kimura, Y. Perception biases for problematic behaviors in dogs due to owners' attributes / Y. Kimura, S. Totani, S. Kameshima, N. Itoh // J Vet Med Sci. – 2023. – 85(7). – С. 763-771. – DOI 10.1292/jvms.23-0022. Режим доступа: https://doi.org/10.1292/jvms.23-0022
6. Aguilar-Lazcano, C.A. Machine learning-based sensor data fusion for animal monitoring: scoping review / C.A. Aguilar-Lazcano, I.E. Espinosa-Curiel, J.A. Ríos-Martínez, F.A. Madera-Ramírez, H. Pérez-Espinosa // Sensors (Basel). – 2023. - (12). – 5732. – DOI 10.3390/s23125732.
7. Li, M.F. The activity patterns of nonworking and working sled dogs / M.F. Li, L. Nagendran, L. Schroeder, D.R. Samson // Sci Rep. – 2022. – 12(1). – 7999. – DOI 10.1038/s41598-022-11635-5.
8. Bleuer-Elsner, S. Computational Analysis of Movement Patterns of Dogs with ADHD-Like Behavior / S. Bleuer-Elsner, A. Zamansky, A. Fux, D. Kaplun, S. Romanov, A. Sinitca, S. Masson, D. van der Linden // Animals (Basel). – 2019. – 9(12). – 1140. – DOI 10.3390/ani9121140.
9. den Uijl, I. External validation of a collar-mounted triaxial accelerometer for second-by-second monitoring of eight behavioural states in dogs / I. den Uijl, C.B. Gómez Álvarez, D. Bartram, Y. Dror, R. Holland, A. Cook // PLoS One. – 2017. – 12(11). – e0188481. – DOI 10.1371/journal.pone.0188481.
10. Miller, S.L. The importance of evaluating positive welfare characteristics and temperament in working therapy dogs» / S.L. Miller, J.A. Serpell, K.R. Dalton, et al // Front Vet Sci. – 2022. – (9). – 844252. – DOI 10.3389/fvets.2022.844252. Режим доступа: https://doi.org/10.3389/fvets.2022.844252
11. Foster, M. Preliminary evaluation of a system with on-body and aerial sensors for monitoring working dogs / M. Foster, T. Wu, D.L. Roberts, A. Bozkurt // Sensors (Basel). – 2022. – 22(19). – 7631. – DOI 10.3390/s22197631.
12. Kasnesis, P. Deep learning empowered wearable-based behavior recognition for search and rescue dogs / P. Kasnesis, V. Doulgerakis, D. Uzunidis, D.G. Kogias, S.I. Funcia, M.B. González, C. Giannousis, C.Z. Patrikakis // Sensors (Basel). – 2022 – 22(3). – 993. – DOI 10.3390/s22030993.
13. Mariti, C. The assessment of dog welfare in the waiting room of a veterinary clinic / C. Mariti, E. Raspanti, M. Zilocchi, B. Carlone, A. Gazzano // Animal Welfare. – 2015. – 24 (3). – С. 299 – 305 – DOI 10.7120/09627286.24.3.299. Режим доступа: https://doi.org/10.7120/09627286.24.3.299
14. Marshall-Pescini, S. The Role of Oxytocin in the Dog-Owner Relationship / S. Marshall-Pescini, F.S. Schaebs, A. Gaugg, A. Meinert, T. Deschner, F. Range // Animals (Basel). – 2019. – 9(10). – 792. – DOI 10.3390/ani9100792.
15. Segurson, S.A. Evaluation of a behavioral assessment questionnaire for use in the characterization of behavioral problems of dogs relinquished to animal shelters / S.A. Segurson, J.A. Serpell, B.L. Hart // J Am Vet Med Assoc. – 2005. – 227(11). – 1755-61. – DOI 10.2460/javma.2005.227.1755.
16. Tiira, K. Prevalence, comorbidity, and behavioral variation in canine anxiety / K.

Tiira, S. Sulkama, H. Lohi // Journal of Veterinary Behavior. – 2016. – 16. – C. 36-44. – DOI 10.1016/j.jveb.2016.06.008. Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.jveb.2016.06.008

17. Topál, J. Differential sensitivity to human communication in dogs, wolves, and human infants / J. Topál, G. Gergely, A. Erdohegyi, G. Csibra, A. Miklósi // Science. – 2009. – 325(5945). –1269-72. DOI 10.1126/science.1176960.

18. Vehkaoja, A. Description of movement sensor dataset for dog behavior classification / A. Vehkaoja, S. Somppi, H. Törnqvist, A. Valldeoriola Cardó, P. Kumpulainen, H. Väätäjä, P. Majaranta, V. Surakka, M.V. Kujala, O. Vainio // Data Brief. – 2022. – 40. – 107822. – DOI 10.1016/j.dib.2022.107822.

19. Duffy D. L. Predictive validity of a method for evaluating temperament in young guide and service dogs / Duffy D. L., Serpell J.A. // Applied Animal Behaviour Science.- 2012.- 1–2.- 99-109, https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.011

20. 20. Certificate of state registration of the computer program No. 2024680098 Russian Federation. Program for viewing and analyzing thermograms of the muzzles of domestic dogs : No. 2024667501 : application. 07/25/2024 : publ. 08/26/2024 / A. S. Fomina, V. O. Rachenkova, V. V. Dolgov, A. A. Krikunova ; applicant Federal State budgetary educational institution of higher education "Don State Technical University".(In Russ.).

21. Csoltova E. Behavioral and physiological reactions in dogs to a veterinary examination: Owner-dog interactions improve canine well-being / Csoltova E, Martineau M, Boissy A, Gilbert C. // Physiol Behav. – 2017.-177.-270-281. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.05.013



Редакция журнала
«Международный вестник ветеринарии»
196084, Санкт-Петербург, Черниговская 5,
СПбГУВМ.
Телефон/факс (812) 387-11-58
Mail to: farm_vestnik@mail.ru