



В. М. СЕЛЯНСКИЙ

**Анатомия
и физиология
сельско-
хозяйственной
птицы**

281192

591.4
С-299

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СРЕДНИХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В. М. СЕЛЯНСКИЙ
*доктор биологических наук,
профессор*

Анатомия и физиология сельско- хозяйственной птицы

*ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ*

Допущено Главным управлением высшего и
среднего сельскохозяйственного образования
Министерства сельского хозяйства ~~СССР~~ в
качестве учебника для средних сельскохозяйст-
венных учебных заведений по специальности
«Птицеводство»

БИБЛИОТЕКА
Сам. СХИ
гор. Самаркане

МОСКВА «КОЛОС» 1980



281/92

✓

ББК 46.8

С29

УДК 636.5:[611+612] (075.3)

Селянский В. М.

- С 29 **Анатомия и физиология сельскохозяйственной птицы.**—
3-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1980. — 280 с., ил.,
2 л. ил. — (Учебники и учеб. пособия для сред. с.-х. учеб.
заведений).

Учебник предназначен для сельскохозяйственных техникумов по специальности «Птицеводство». В нем рассматривается строение тканей и органов птиц, сообщается о характере и особенностях физиологических процессов, происходящих в организме. После изложения каждого раздела даются лабораторно-практические занятия. Тематика и объем их пересмотрены с учетом возможности выполнения. Основные теоретические вопросы анатомии и физиологии автор увязывает с практикой птицеводства, что делает книгу полезной и для работников птицефабрик, совхозных и колхозных птицеводческих ферм.

С $\frac{40901-112}{035(01)-80}$ 181-80. 3805010000

ББК 46.8
636.5

© Издательство «Колос», 1980

Понятие об анатомии и физиологии, их место в биологической науке.
Б и о л о г и я (от греческого биос — жизнь, логос — наука, изучение) — наука о жизни, ее формах и закономерностях. Она изучает все живые существа от самых простых до самых сложно устроенных.

По мере накопления знаний и совершенствования техники, в связи с запросами практики биология быстро развивалась и в ней выделились новые, специализированные разделы. Одной из первых из биологии выделилась в отдельную дисциплину анатомия, а несколько позднее, с развитием метода экспериментальных исследований и накопления научных данных сложилась физиология. Кроме того, оформились как самостоятельные отрасли биологической науки зоология — наука о животных, ботаника — наука о растениях, орнитология — наука о птицах, териология — наука о млекопитающих и др.

А н а т о м и я (от греческого анатоме — рассечение) — наука о формах, строении организма и его частей. Свое название она получила потому, что ее основной метод изучения строения организмов — вскрытие трупов и их анатомирование (рассечение на части). В современном понимании анатомия является не только описательной, аналитической наукой, но и обобщающей, синтетической (А. И. Акаевский).

С изобретением микроскопа, позволившего исследовать мельчайшие, невидимые без него части организма, из анатомии (макроанатомии) выделились гистология (микроскопическая анатомия), изучающая строение тканей, и цитология — наука о строении и жизнедеятельности клетки.

В практических целях анатомию разделяют на системную, топографическую, сравнительную и возрастную.

Системная, или описательная, анатомия изучает, описывает форму и строение различных систем органов, например системы органов пищеварения, дыхания, движения и др. Топографическая анатомия выясняет место расположения органов и проекцию их на скелет. Возрастная анатомия исследует форму и строение органов в связи с возрастом животных. Сравнительная анатомия устанавливает различия и сходства формы и строения организмов на основе их функций и данных исторического развития животных в онтогенезе и филогенезе.

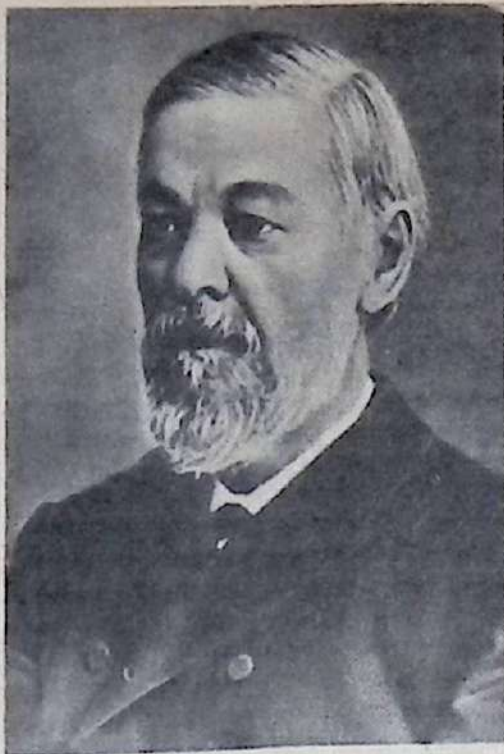
О н т о г е н е з — это процесс развития особи от ее зарождения до смерти. Развивающаяся в утробе матери особь от начала зачатия (от оплодотворения яйцеклетки) до момента образования у нее отдельных органов называется зародышем, а после того, как сформируются органы, эмбрионом (у птиц) и плодом (у млекопитающих). Период дальнейшего развития эмбриона называется фетальным или послезародышевым. Наука, изучающая развитие зародыша, называется эмбриологией, а сам процесс его развития — эмбриогенезом. Период зародыша цыпленка после вылупления из яйца называется постфетальным или постнатальным.

Ф и л о г е н е з — историческое развитие животных от самых простейших до современных в связи с условиями их существования, наследственностью и индивидуальным развитием. История развития видов животных основывается на данных сравнительной анатомии, гистологии, палеонтологии, сравнительной эмбриологии и физиологии с учетом условий среды их обитания.

Анатомия, гистология и эмбриология являются частью более общей науки — морфологии.

Ф и з и о л о г и я — наука, изучающая функции организма и жизненные процессы, происходящие в организме. Она исследует функции отдельных органов и систем, а также целостного организма во взаимодействии его с окружающей средой. В зависимости от клинического состояния исследуемого организма она разделяется на нормальную физиологию, изучающую функции организма в норме, и патологическую физиологию, выясняющую функции больного организма.

В зависимости от объекта исследования различают физиологию человека, изучающую функции организма человека, и физиологию животных, исследующую



И. М. Сеченов (1829—1905).



Д. М. Автократов (1868—1953).

функции организма животных; в свою очередь, последняя разделяется по видам животных, например физиология птицы и др. В зависимости от места и условий обитания (климата, микроклимата, питания) животных, из общей физиологии выделилась отдельным разделом экологическая физиология, которая изучает физиологические функции организма в зависимости от условий среды его обитания. Космическая физиология исследует функции организма в условиях космоса.

Сравнительная физиология сопоставляет функции организма различных видов животных с целью установления закономерности их развития.

Анатомия и физиология взаимосвязаны и взаимообусловлены, с изменением формы организма изменяются и его функции, и наоборот. Поэтому строение организма и его отдельных органов необходимо рассматривать в связи с их функцией, генетической основой, с учетом внешней среды, онтогенеза и филогенеза. Анатомия и физиология тесно связаны с другими биологическими науками, в частности с биохимией и биофизикой.

Значение анатомии и физиологии в птицеводстве. Анатомия и физиология сельскохозяйственной птицы играют важную роль в познании биологических закономерностей организма птицы для использования их в практических целях.

Решение большой и важной задачи по выполнению государственного плана производства яиц и мяса птицы должно идти по пути дальнейшего развития интенсивного птицеводства. В свете этого огромное значение приобретает постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему увеличению производства яиц и мяса птицы на промышленной основе» (1971) и «О мерах по увеличению производства мяса птицы» (1977). Успешное решение поставленных задач невозможно без прочных знаний анатомии и физиологии птицы. Эти дисциплины имеют большое практическое значение для научного обоснования рационального кормления; содержания и разведения птицы в целях повышения ее жизнеспособности и продуктивности, а также для эффективного лечения животных и профилактики заболеваний.

Краткие сведения из анатомии и физиологии сельскохозяйственной птицы. Аристотель (384—322 до н. э.) впервые описал развитие цыпленка и тем самым положил начало сравнительной анатомии и эмбриологии сельскохозяйственной птицы. В 1862 г. А. О. Стржединский (1823—1882) в своем учебнике «Анатомия домашних животных, млекопитающих и птиц» дал сведения по анатомии птиц. В 1875 г. опубликована книга Э. К. Брандта «Анатомия домашних птиц», в 1902 г. — В. Ф. Маршеля «Строение тела

птиц, где представлена анатомия птиц вообще и домашних в частности, в 1911 г. — «Анатомия птиц» Г. И. Гурина.

Краткие сведения по анатомии птиц сообщаются в книгах В. Ф. Отте «Болезни и вредители домашней птицы» (1911), Эленбергера и Баума «Руководство по сравнительной анатомии домашних животных» (1926). Более полные данные по анатомии представлены в учебнике для ветеринарных вузов Д. М. Автократова «Анатомия домашней птицы» (1928).

Сравнительные данные по анатомии сельскохозяйственной птицы хорошо представлены в книге Я. Колда и В. К. Омарека «Анатомия домашних птиц» (ЧССР, 1958), атлас рисунков Альфреда Люкаса и Тоттенхейма «Домашняя птица» (США, 1958), серии цветных плакатов В. М. Селянского «Анатомия и физиология сельскохозяйственной птицы» (1972), а также в учебниках для вузов по анатомии домашних животных А. И. Акаевского, Т. А. Глаголева и В. И. Ипполитовой (1975).

Со строением органов и тканей связаны их функции, поэтому анатомия птицы взаимосвязана и взаимообусловлена с физиологией. Общая физиология начала развиваться позднее, чем анатомия, по мере развития методов экспериментальных исследований и смежных с ней наук.

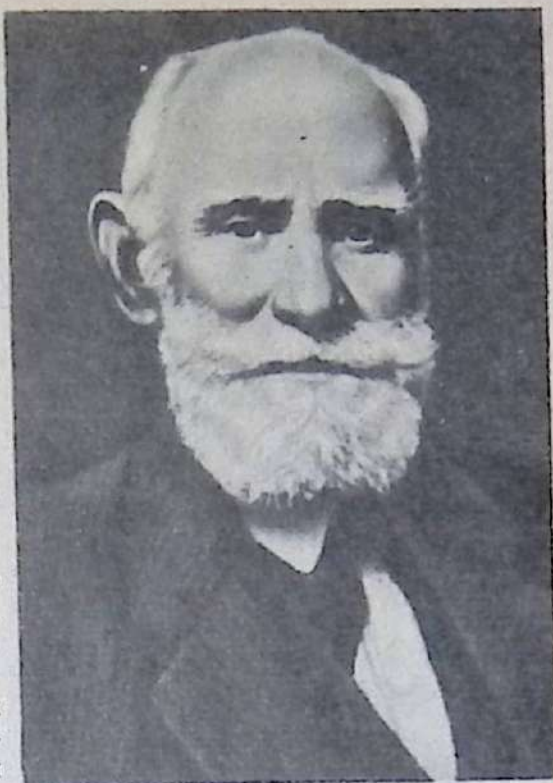
Возникновение физиологии как самостоятельной науки связано с именем Вильяма Гарвея (1578—1657). Он впервые экспериментально доказал, что кровь движется по замкнутой системе кровеносных сосудов, и тем самым положил начало учению о кровообращении.

С изобретением микроскопа (XVII в.) физиология начала развиваться более быстрыми темпами, но особого расцвета она достигла в XIX и XX вв. Ее успехи связаны с деятельностью таких исследователей, как Клод Бернар, Гельмгольц, И. Мюллер, Дюбуа-Реймон, Людвиг, и в особенности с научными открытиями русских ученых И. М. Сеченова, И. П. Павлова, Н. Е. Введенского и др.

И. М. Сеченов (1829—1905) является основоположником русской физиологии. С его именем связаны большие открытия в различных разделах этой науки. Он проводил анализы газов крови и дал описание новых методов их исследования, выяснил роль и значение гемоглобина в переносе углекислоты, внес большой вклад в теорию растворов и физиологию газообмена. Впервые в истории биологической науки И. М. Сеченов начал исследования функций головного мозга. В 1862 г. он открыл явление торможения в центральной нервной системе, а в 1863 г. опубликовано гениальное произведение «Рефлексы головного мозга», где дал материалистическое объяснение психическим явлениям.

И. П. Павлов (1849—1936) — великий русский ученый, более 60 лет разрабатывал различные проблемы физиологии и создал труды, имеющие огромное значение для медицины и биологии в целом. До него основным экспериментальным методом в физиологии был метод вивисекции. И. П. Павлов разработал принципиально новый метод «хронических опытов», которые заключаются в том, что на животном делают необходимую операцию и затем после выздоровления используют его длительное время в опыте. В исследованиях, посвященных кровообращению, И. П. Павлов установил закономерность, связанную с саморегуляцией кровяного давления. Он открыл нерв, усиливающий работу сердца при повышении интенсивности обмена веществ в сердечной мышце. На основе этого им был сформулирован важный вывод, что каждый орган находится под тройным нервным влиянием: нервов функциональных, изменяющих деятельность органа, нервов сосудистых, изменяющих просвет кровеносных сосудов, и нервов трофических, изменяющих интенсивность обмена веществ.

Почти 20 лет И. П. Павлов вместе со своими учениками изучал процессы пищеварения. Он широко использовал метод фистулирования протоков крупных желез, выводя их



И. П. Павлов (1849—1936).



Е. Ф. Лисицкий (1887—1955).

В нашей стране наибольшая организация кс развивающегося общезнания в области зоо

В этой связи в 1933 году птицеводства, в тельский и технологи стал центром на

В инститиции с темат

Професср провел ряд оптиц. Профисследования А. В. Леонфистулы носных м

пищеварение в 33 В 1933 г. профптицы» обобщил д

С 1945 г. и осона промышленной пищеварения, газоз. регуляции и стимулдуктивных органов, э.

Результаты физиологических исследований, полученные в нашей стране и за рубежом, опубликованы коллективом авторов в монографиях: «Физиология и биохимия птицы» (США, 1958, тт. 1, 2, 3), «Сельскохозяйственная птица» (Н. П. Федоровский, В. Ф. Ларионов, Г. П. Дементьев, 1962), «Кальций и фосфор, обмен и регуляция у птиц» (В. К. Бауман, 1968), «Биологические основы повышения продуктивности и пути интенсификации птицеводства в Армянской ССР» (С. К. Карапетян, 1961), «Минеральное

устья на кожную поверхность, что позволило ему получить исключительно ценные данные и сделать выдающиеся открытия.

Вершиной творческого пути И. П. Павлова является его учение о высшей нервной деятельности. На основе большого экспериментального материала он установил законы, которым подчинены процессы, протекающие в коре головного мозга, и доказал, что рефлекс есть основной физиологический механизм высшей нервной деятельности (ВНД) при взаимодействии организма с внешней средой. И. П. Павлову принадлежит заслуга создания основного метода изучения ВНД — метода условных рефлексов. Учение о рефлексе открыло возможность объективного изучения функции коры головного мозга.

Идеи и методы И. П. Павлова нашли широкое развитие в трудах его многочисленных учеников и последователей в нашей стране и за рубежом.

Физиология птиц вначале развивалась как раздел общей анатомии и физиологии домашних животных. Одним из первых исследователей физиологии птиц был Спаланцани, он давал птице заглатывать трубочку с кусочками мяса, привязанными к ниточке, а через некоторое время извлекал из пищеварительного тракта и таким методом изучал количество переваримого вещества.

Развитие физиологии птиц началось с 30-х годов, с появления птицеферм, птицефабрик, т. е. когда для скота потребовались более глубокие научные эмбриологии и др.

Всесоюзный научно-исследовательский институт, организованный во Всесоюзный научно-исследовательский институт птицеводства (ВНИТИП) (г. Загорск), который был посвящен птицеводству.

В институте были организованы отделы инкубационной физиологии инкубации яиц и физиологии. Воронежской станции по птицеводству и биологии размножения разработал метод гистологических исследований птиц. Под руководством академика И. П. Павлова (1878—1956) изучал роль воздушного обмена. Под его руководством исследовалось

дыхание птиц.

В книге «Физиология сельскохозяйственной птицы» в вопросах физиологии птиц.

В связи с развитием интенсивного птицеводства значительно расширились исследования по вопросам обмена веществ, ВНД, гормональной регуляции, физиологии и биохимии репродукции.

Результаты физиологических исследований, полученные в нашей стране и за

питание сельскохозяйственной птицы» (В. И. Георгиевский, 1970), «Микроклимат в птичниках» (В. М. Селянский, 1975).

Написаны учебники: Г. П. Мелехин, Н. Я. Гридин — «Физиология сельскохозяйственной птицы» (1977) для зооинженерных факультетов сельскохозяйственных вузов; В. М. Селянский — «Анатомия и физиология сельскохозяйственной птицы» (1965, 1972) для средних сельскохозяйственных учебных заведений по специальности «птицеводство». Физиология птиц кратко изложена отдельной главой в книгах и учебниках по зоотехнии С. И. Сметнева, Э. Э. Пенионжкевича.

Происхождение птиц связано с генетической основой и процессом эволюции* птиц, растительного и животного мира в различные геологические эры и периоды изменения нашей планеты.

По данным палеонтологии** и сравнительной анатомии о строении древних и современных птиц установлено, что далекими предками птиц являются четвероногие пресмыкающиеся из группы так называемых псевдозухий. Типичным представителем этой группы был орнитозух, живший около 190 млн. лет назад в триасовый период мезозойской эры. Скелет его найден в Шотландии в пластах земли триасового периода. По данным И. Аугуста и В. Матвеева, это были мелкие пресмыкающиеся длиной 30—35 см, покрытые чешуей, они имели слабо развитые грудные и сильно развитые тазовые конечности.

В начальный период развития этой группы орнитозухи обитали некоторое время наземно, передвигаясь на четырех ногах, а в более поздний период они поселились на деревьях. По мнению ряда ученых, в группе псевдозухий в результате эволюции выделилась переходная форма животных — праптицы, которые являются ближайшими предками пернатых. Представители праптиц не найдены. Пернатые появились около 155 млн. лет назад в юрский период мезозойской эры. Представители их найдены в окрестностях Заленгофена и Эйхштетта (ФРГ) в плитчатых известняках, образовавшихся около 100 млн. лет назад, обнаружены в 1861, 1877 и 1956 гг. три скелета пернатых. По мнению Де Бера, скелеты принадлежат одному виду — археоптериксу литографическому (первоптица литографических сланцев). В результате исследования скелетов установлено строение первоптиц и предположительно описаны их внешняя форма и оперение (рис. 1).

Согласно этим данным, археоптериксы были немногим больше голубя, массой 150—300 г, равномерно покрытые по туловищу мелкими перьями, на голове имелось редкое оперение, возможно, чешуйчатое. Рулевые перья хвоста попарно располагались на всех хвостовых позвонках и были направлены назад и вниз. Цвет оперения неизвестен. Вероятнее всего, перья первоптиц имели разноцветную окраску. Передние конечности видоизменены в крылья, лопатки саблевидные, ключицы сращены в дужку. Позвоночный столб состоял из 50 позвонков (шейных 10—11, грудных 11—12, поясничных 2, крестцовых 6—7 и хвостовых 20—21).

Хвостовые позвонки узкие и длинные, хвост длиннее шеи и спины, вместе взятых. Шейные и спинные позвонки, вогнутые с обеих сторон, со слабо развитыми отростками. С несколькими последними шейными позвонками сочленялись короткие ребра, а со спинными — длинные. Тонкие ребра не имели отростков, соединяющихся, как у современных птиц, с соседними ребрами, что придавало подвижность грудной клетке. Обнаружено 12—13 пар тонких брюшных ребер, отсутствующих у современных птиц. Таз и особенно задние конечности по строению такие же, как и у современных птиц: цевка сросшаяся, три пальца направлены вперед и один назад. Череп первоптицы тоже во многом похож на череп современных птиц: размер черепной коробки небольшой, черепные швы сращены, височных впадин нет, предглазничные впадины большие, носовые отверстия далеко выдвинуты вперед, имеются мелкие тонкие конусообразные зубы. Передние конечности построены по образцу конечностей пресмыкающихся, но имели вид крыльев; сохранились три пальца с коготками, локтевая и лучевая кости были прямыми, массивными, без воздушных пространств внутри (непневматичные). Из краткого описания скелета первоптиц видно, что они имели некоторые признаки птиц и пресмыкающихся. Наличие зубов, брюшных ребер, пальцев на крыльях, большого количества хвостовых позвонков и склеротикального кольца в глазнице, несращенные грудные позвонки, слабая грудная

*Эволюция — процесс исторического развития живых существ с начала появления жизни на земле.

** Палеонтология — наука об ископаемых организмах.

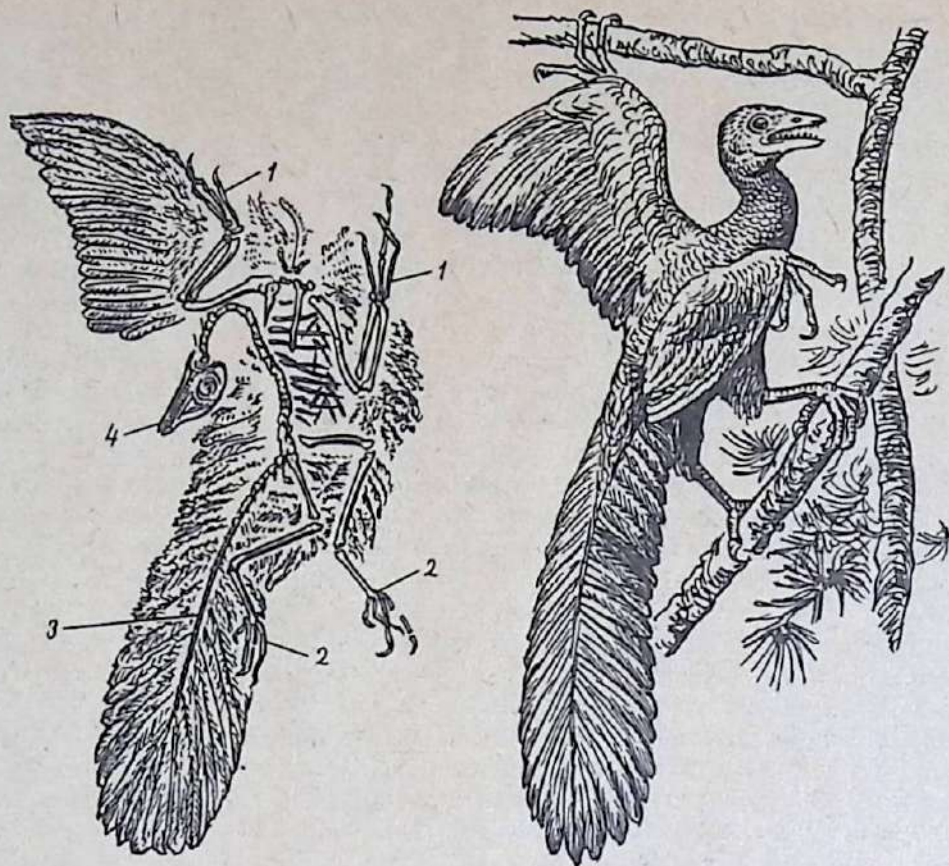


Рис. 1. Археоптерикс:

слева — скелет; справа — реконструкция; 1 — пальцы передней и 2 — задней конечностей; 3 — хвостовые позвонки; 4 — челюсти с зубами.

кость без киля, отсутствие клюва, крючковидных отростков ребер, узкие и длинные полушария мозга свидетельствуют о том, что первоптицы еще очень близки к своим предкам — пресмыкающимся. В то же время наличие перьевого покрова, преобразованная в крыло грудная конечность, сросшаяся ключица, типичная для птиц тазовая конечность, хорошо развитые глазницы существенно отличают первоптиц от пресмыкающихся предков. Мнения ученых сходятся на том, что первоптицы жили в лесах, хорошо лазали по деревьям и плохо летали. Крылья и длинный хвост служили лишь для того, чтобы перепархивать с ветки на ветку, с дерева на дерево. Свободные же пальцы передних конечностей с когтями способствовали лазанью по деревьям. О том, как первоптицы могли карабкаться по стволам деревьев и веткам кустов, можно представить по тому, как это делают птенцы птицы гоацины, ныне живущей в Южной Америке. Птенцы гоацины, только что вылупившиеся из яйца, в случае опасности вылезают из гнезда, цепляются за ветки пальцами ног и, подтягиваясь пальцами крыльев и зубами, быстро передвигаются.

Имеющиеся ископаемые экземпляры первоптиц являются достоверным доказательством, что первоптицы произошли от рептилий. Но как возникло первое оперение и в какой последовательности сформировались первоптицы, пока еще неизвестно. Есть предположение ученых о том, что тело у лазающих рептилий вначале было покрыто, особенно в области передних конечностей, чешуями большого размера, что увеличивало поверхность и облегчало удержание рептилий в воздухе при прыжках с ветки на ветку. В последующем эти чешуи удлинились, расщепились и превратились в перья. По мнению Д. Н. Кашкарова и В. В. Стопчинского, более вероятным было то, что первые перья имели характер эмбрионального пуха и служили вначале для сохранения температуры тела в связи с приобретением птицами теплокровности. Позднее пух приобрел строение контурного пера. В процессе дальнейшей эволюции у первоптиц все больше и больше совершенствовались крылья: три имеющиеся пальца крыла постепенно срастались и частично редуцировались, хвост укорачивался, увеличивалась грудная кость, к которой прикреплялись мощные мышцы, приводящие в движение крылья. Изменялось строение и кровеносной системы, усовершенствовалось сердце (оно стало четырехкамерным),

благодаря этому улучшалось снабжение органов и тканей кислородом, питательными веществами, что, в свою очередь, способствовало лучшему развитию органов и тканей. Усложнялись функции нервной системы и органов чувств (анализаторов), имеющих особо важное значение в приспособительных реакциях. Таким образом, в результате эволюции организм птиц постепенно совершенствовался и приспосабливался к активному полету. С приобретением возможности летать птицы завоевали воздух и стали способными легко менять ареал обитания и лучше приспосабливаться к различным условиям среды. Древние пресмыкающиеся начала мелового периода мезозойской эры — птерозавры (летающие ящеры), имевшие несовершенное крыло, а также переходные формы птиц, мало приспособленных к меняющимся условиям существования, бесследно вымерли.

В конце мелового периода вымерли и первоптицы (археоптериксы). Оставались только отдельные зубатые птицы, представителями которых были гесперорнис и ихтиорнис. Впервые скелеты их найдены в 1870 г. профессором Марш в меловых отложениях Западного Канзаса (Северная Америка). В последующем число находок быстро увеличивалось, и уже в 1879 г. стали известны остатки более ста зубатых птиц, большинство которых относится к указанным выше родам. По строению скелета гесперорнисы — водоплавающие птицы. Задние конечности у них приспособлены к плаванию. Наружные пальцы конечностей были самыми длинными, остальные три пальца уменьшались в размерах в направлении внутрь. Пальцы заканчивались когтями, между пальцами имела плавательная перепонка.

Из костей грудной конечности (крыла) осталась только плечевая кость в виде тоненькой изогнутой полоски. Киль грудной кости не развит. Самое характерное для скелета гесперорниса — наличие 96 зубов, расположенных на общей бороздке. Последнее свидетельствует о происхождении этого рода птиц от пресмыкающихся. Гесперорнис достигал в длину 1 м, летать не умел, был больше похож на современных гагар, передвигался по земле плохо, но хорошо плавал, питался рыбой. Наиболее распространенным видом был гесперорнис регалис, возможно, от него и произошли водоплавающие гегароподобные птицы.

Ихтиорнис существенно отличался от гесперорниса: он был размером с голубя, имел вполне развитые крылья и хорошо летал. На грудной кости имелся киль, к которому прикреплялись мощные грудные мышцы. На челюстях были зубы, но они сидели в отдельных гнездах (альвеолах). Мозг небольшого размера, по форме напоминает мозг пресмыкающихся.

Предполагают, что гесперорнисы и ихтиорнисы жили большими стаями, подобно стадам современных морских птиц. Считают, что «птичьи базары» не являются особенностью только нашего времени, а своими корнями уходят в далекое прошлое (И. Аугуст).

В конце мелового периода зубатые птицы вымерли, а на смену им 120 млн. лет назад появились новые, так называемые настоящие птицы. Они имели более совершенные крыло и грудную клетку. Развитие костяка шло в сторону его облегчения: голова стала маленькой, зубы исчезли, кости скелета приобрели пневматичность, количество хвостовых позвонков резко уменьшилось. Рулевые перья хвоста у этих птиц расположены веерообразно. По этому признаку их выделили в подкласс веерохвостовых птиц. Усложнялись функции головного мозга, что способствовало лучшему развитию приспособительных реакций к внешней среде.

В результате последующей эволюции менее приспособленные к внешней среде птицы вымирали, лучше приспособленные выживали и давали потомство. Они численно увеличивались и, занимая определенный ареал обитания, составляли популяции (группа особей, отличающихся некоторыми признаками от вида, от которого они произошли). Постепенно различия между популяциями все более углублялись и образовывались новые и ныне существующие птицы (рис. 2). Несмотря на большое разнообразие птиц, в их строении имеется много общего. Так, общими и в тоже время отличающими одних птиц от других признаками являются: строение хвоста, грудной кости, крыла, сходство происхождения птиц, биология размножения, способ питания и место обитания. По этим и другим признакам все птицы распределены по соподчиненным, систематическим группам.

Основной систематической группой является вид, например: курица домашняя, курица банкивская, утка домашняя, утка кряква и т. д. Близкие виды объединены в род, близкие роды — в семейство, семейства — в отряд, отряды — в класс, классы — в тип. В ходе эволюции появились птицы, которые по своим признакам схожи с различными группами, поэтому их выделили в промежуточные формы, например, подрод (между родом и видом), подсемейство (между семейством и родом) и т. д.

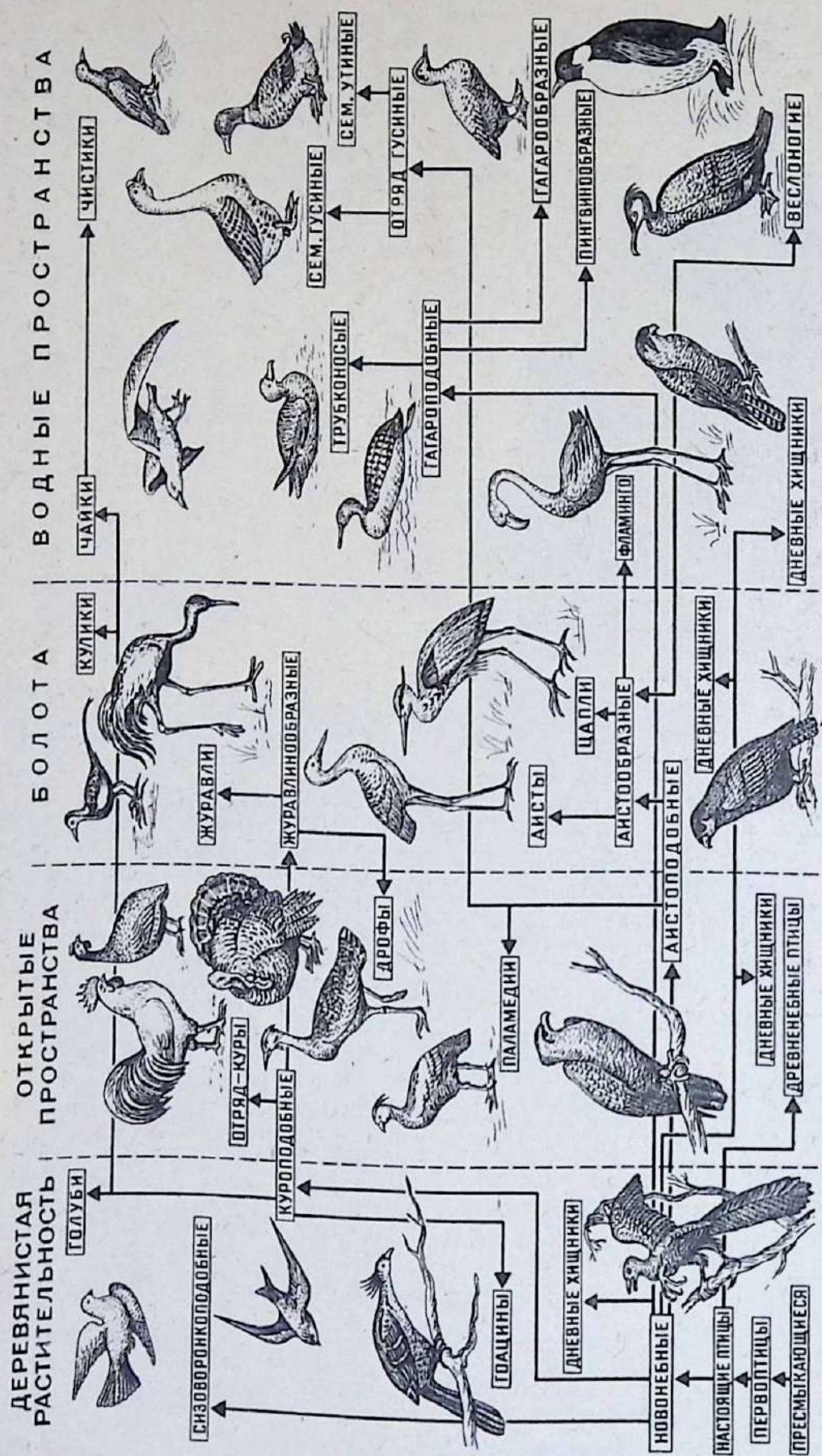


Рис. 2. Обитание птиц в связи с приспособлением их к различным средам (схема).

Современные птицы объединены в 18 отрядов: гагароподобные, трубконосые, веслоногие, аистоподобные, гусиные (5-й отряд), дневные хищники, куриные (8-й отряд), гоацины, журавлиные, ржанковые, голубиные, сизоворонковые и т. д.

Куры, индейки, цесарки, фазаны, перепела относятся к отряду куриные, семейству фазановые, видам домашняя курица, домашняя индейка и т. д. Предком домашней курицы является банкивская курица, до сих пор обитающая в Южной Азии, а домашних индеек — североамериканская дикая индейка, которая в настоящее время распространена в северной части США. Домашние цесарки происходят от африканских обыкновенных цесарок, встречающихся в Западной Африке.

Гуси, утки относятся к отряду гусиные, семейству гуси, видам домашний гусь и домашняя утка. Предком домашнего русского (красноклювого) гуся является дикий серый гусь, распространенный в северной части СССР. Предок китайского (черноклювого) гуся — крупный центральноазиатский гусь-сухонос, распространенный в верхней части Сибири; предок домашней утки — дикая утка кряква.

В настоящее время насчитывается около 8590 видов птиц, в том числе 240 видов куриных. В нашей стране имеется до 708 видов птиц. Основными местами обитания их являются: 1) леса и кустарники (деревянистая растительность); 2) открытые пространства (луга, степи, пустыни); 3) болота; 4) воды. Гагароподобные птицы (отряды: гагары, пингвины, буревестники, поганки и др.) и аистоподобные (отряды: цапли, аисты, фламинго, гуси, грифы и др.) приспособились к водному образу жизни; курообразные (отряды: куры, журавли, дрозды, трехперстки) — к жизни преимущественно на открытых пространствах (луга, пустыни, степи); сизоворонкообразные (отряды: кукушки, попугаи, совы, козодои, стрижи, колибри, сизоворонки, дятлы, воробьи и др.) остались преимущественно лесными обитателями.

Некоторые виды птиц в далеком прошлом (около 3250 лет до н. э.) были приручены человеком с целью получения от них мяса, яиц, а также пера и пуха.

Человек улучшал условия кормления и содержания птиц, отбирал из них лучших по здоровью и продуктивности и скрещивал между собой, тем самым совершенствовал старые и создавал новые линии и породы птиц. В результате этого было создано большое количество видов и различных пород домашней птицы, которая по своим внешним формам и продуктивным качествам существенно отличается от диких родоначальных видов. Из всех имеющихся видов птиц наибольшее хозяйственное значение имеют: куры, индейки, гуси, утки, цесарки, голуби, фазаны, перепелки.

Биологические особенности птиц. По своему анатомическому строению птицы очень близки к пресмыкающимся (рептилиям). А именно: у них, как и у рептилий, кожа очень бедна железами и покрыта ороговевшей чешуей в области головы, ног. Череп соединяется с позвоночным столбом одним непарным сочленовным бугорком, нижняя челюсть присоединяется к черепу квадратной костью. Имеется клоака. Зародыш развивается в яйце вне организма.

От рептилий и млекопитающих птицы отличаются тем, что имеют перьевой покров, грудные конечности превращены в крылья, тазовые хорошо развиты и служат для передвижения по земле, деревьям или воде. Малая берцовая кость уменьшена (редуцирована) и сращена с большой берцовой, здесь же приращены косточки предплюсны, а три плюсневые косточки сращены с дистальными косточками предплюсны и образуют цевку. Передняя часть черепа вытянута в клюв и покрыта роговым чехлом, зубы отсутствуют, нет мочевого пузыря. Крестец состоит из нескольких позвонков, сросшихся между собой.

Кости тонкие, плотные и пневматичные; особенно это выражено у летающих птиц. Грудная кость имеет гребень (киль). В дополнение к легким имеются воздухоносные мешки, расположенные в грудной и брюшной полостях, а у некоторых птиц (например, у пеликанов) — и под кожей по всему туловищу. Правый яичник и яйцевод недоразвиты (редуцированы). Птицам свойственна высокая плодовитость. Например, некоторые куры откладывают до 360 яиц в год, т. е. от одной такой курицы можно получить 320 или 330 цыплят, а млекопитающие животные и пресмыкающиеся дают приплод в год в 50—150 раз меньше.

По тому, какими вылупляются цыплята из яйца, птицы разделяются на птенцовых и выводковых. Птицы, у которых птенцы вылупляются из яйца голыми, слепыми и не могут существовать без помощи родителей, называются птенцовыми (например, голуби). Птицы, у которых птенцы вылупляются покрытые пухом, более крепкие и очень скоро после вылупления сами отыскивают себе пищу, называются выводковыми (куры, утки, гуси, индейки, цесарки, перепела).

Понятие о клетке, тканях и органах

Строение и физиология клетки. Клетки очень малы по размерам, и большинство из них невидимо простым глазом. Поэтому о них стало известно только после изобретения микроскопа.

Первый микроскоп сконструировал в начале XVII в. Антон Левенгук, который описал различные формы микроорганизмов. В 1665 г. для научных целей микроскоп использовал английский ученый Роберт Гук; он рассматривал срезы пробки и заметил на них многочисленные ячейки, которые им были названы клетками. В дальнейшем по мере совершенствования микроскопа строение клетки уточнялось.

В XIX в. немецкий ботаник М. Шлейден обобщил имеющиеся основные материалы о клеточном строении растений. Накопленные знания о клетке послужили основанием для создания клеточной теории, которая была впервые сформулирована в 1838 г. немецким зоологом Т. Шваном. Согласно этой теории, все растения и животные состоят из клеток, определенным образом соединенных между собой. В начале XIX в. академик Российской академии наук Карл Бэр открыл яйцеклетку млекопитающих и показал, что все организмы начинают свое развитие от одной клетки. Оплодотворенная яйцеклетка дробится и образует новые клетки, из которых формируются ткани и органы. Эти исследования будущего организма показали, что клетка не только единица строения, но и начало развития организма. Открытие Бэра в значительной мере дополнило ранее сформулированную клеточную теорию. Клеточная теория сыграла важнейшую роль в развитии естествознания. Она явилась одной из основных ступеней развития теории эволюции и привлекла внимание исследователей к изучению различных структур растений и животных.

Организм птиц состоит из микроскопических элементов — клеток и их производных — неклеточных образований. Клетка представляет собой элементарную целостную живую систему, состоящую из двух важнейших, неразрывно связанных между собой частей, — цитоплазмы и ядра. Клетка в многоклеточном организме является саморегулируемой элементарной живой системой, входящей в состав тканей, и подчинена высшей регуляторной системе целостного организма. Клетки имеют все свойства, присущие живому веществу, т. е. в них происходят обмен веществ, дыхание, они растут и размножаются и наряду с этим они выполняют какую-либо специфическую функцию.

Согласно клеточной теории, клетки являются основой всех многоклеточных организмов. Поэтому их форма и функции зависят от всего организма. Клетки различных организмов наряду с имеющимися частными различиями имеют общие принципы строения и образуются у всех организмов в результате деления клеток.

Клетка является основной и наиболее важной, но не единственной формой организации живой материи, так как наряду с ней существуют бактериофаги, вирусы, волокнистые и другие образования, которые не имеют формы клетки, но также являются живыми.

Клетки выполняют функцию передачи наследственности, они являются началом развития многоклеточного организма, в результате деятельности их образуются неклеточные структуры (волокна, аморфное вещество), которые вместе с клетками образуют ткани и органы, выполняющие особые функции в сложном организме.

Химический состав клетки. В состав клетки входят различные элементы в виде органических и неорганических соединений. Главными органическими веществами, входящими в состав клетки, являются: белки, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты и др.

Белки — это высокомолекулярные соединения, состоящие из аминокислот. Они составляют около 50—80% сухого вещества тела птиц. Белки являются незаменимым строительным (пластическим) компонентом клеток и тканей, кроме того, специализированные белки выполняют главные физиологические функции. Например, белки эритроцитов переносят кислород, белки мышц выполняют функцию сокращения, белки нервной ткани — функции раздражимости и проведения возбуждения и т. д. Они поддерживают постоянство структур и участвуют в процессах обмена в клетках. Важность белков в организме выражена в словах Ф. Энгельса: «Жизнь есть способ существования белковых тел...»

Белки специфичны, т. е. у различных организмов и даже у отдельных органов в одном и том же организме они различны, но вместе с тем имеют много общего. Например, все белки состоят из азота, углерода, водорода. Составной единицей белков являются аминокислоты, которые в своей структуре содержат аминогруппу (NH_2) и карбоксильную группу (COOH). Поэтому белки обладают амфотерными свойствами (свойствами кислот и щелочей). В природе известно 20 различных аминокислот. Количество участвующих аминокислот в составе белка и порядок чередования их в его структуре определяют огромное разнообразие белков, встречающихся в растительном и животном мире.

Благодаря имеющимся в составе белка активным группам они могут соединяться между собой, а также с веществами небелковой природы, например с углеводами, жироподобными веществами, нуклеиновыми кислотами, и тогда образуются сложные белки, так называемые протеиды: глюкопротеиды — соединения белка с углеводами, липопротеиды — соединения белка с жирами, нуклеопротеиды — соединения белка с нуклеиновыми кислотами.

Вследствие специфичности белков наблюдается несовместимость органов и тканей при пересадке их от одного человека другому или от одного животного другому, несовместимость групп крови при переливании ее от донора реципиенту (воспринимающему кровь).

Углеводы — это органические соединения углерода, водорода и кислорода. В организме они встречаются в виде: 1) простых углеводов,

так называемых моносахаридов; к ним относятся глюкоза (виноградный сахар), она хорошо растворяется и свободно всасывается всеми клетками и тканями; 2) сложных углеводов (полисахаридов), которые широко распространены в организме в виде клетчатки, гликогена (животного крахмала), растительного крахмала, молочного сахара и различных мукополисахаридов (соединения полисахаридов со слизеподобными белковыми веществами). Полисахариды плохо растворимы в воде и поэтому часто внутри клетки образуют скопления (глыбки), видимые под микроскопом. Углеводы используются в организме как энергетические вещества. При окислении углеводов выделяется энергия, которая расходуется на синтез (соединение) других веществ и совершение работы организмом. Углеводы входят в состав других веществ (белков, ферментов, нуклеиновых клеток), очень важных для процесса обмена и жизнедеятельности организма.

Жиры и липоиды — нейтральные жиры, или, как их еще называют, липиды, по своему химическому составу состоят из глицерина (трехатомный спирт) и высокомолекулярных жирных кислот. В зависимости от того, какие жирные кислоты находятся в соединении с глицерином, качество жиров изменяется. Нейтральные жиры, соединяясь с другими веществами, образуют жироподобные вещества (липоиды). В клетках содержатся нейтральные жиры и жироподобные вещества. Жиры в клетке используются как запас энергетических веществ. При необходимости в дополнительной энергии жиры окисляются и высвобождают большое количество энергии, которая и используется. Липоиды участвуют в качестве пластического (строительного) материала в составе оболочек и других частей клетки.

Нуклеиновые кислоты. Имеется два вида нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Они относятся к высокомолекулярным соединениям, состоящим из мономеров. ДНК и РНК имеют большое значение в хранении и передаче наследственной информации.

Неорганические вещества. В состав клетки входят не только органические, но и неорганические (минеральные) вещества. Они необходимы для поддержания жизни клетки. Особо важное значение имеют соли угольной, фосфорной, соляной и серной кислот. Минеральные вещества вместе с органическими участвуют в обмене веществ. Растворы минеральных солей обуславливают величину осмотического давления (от этого зависят процесс обмена веществ в клетке, поступление веществ внутрь клетки и выделение их из нее). Минеральные соли поддерживают кислотно-щелочное равновесие, необходимое для нормального функционирования ферментов и течения биохимических процессов; они влияют на коллоидное состояние белковых веществ. Минеральные вещества в соединении с другими органическими веществами входят в состав опорных тканей и придают им прочность.

Вода — неотъемлемая часть клеток. Без нее жизнь клеток невозможна. В клетках ее содержится в пределах 60—80%. Вода находится в свободном и связанном состоянии.

Свободная вода является растворителем питательных веществ, с ней поступают в клетку питательные вещества и выделяются из клетки продукты обмена. Она образует среду, в которой протекают многие биохимические реакции. Обладая большой теплоемкостью, свободная вода перераспределяет тепло и предохраняет клетку, а также и весь организм от резких изменений температуры. Свободная вода составляет около 95% общей воды клетки.

Связанная вода — это вода, удерживаемая в химических соединениях клетки (в белках, жирах и т. д.).

Без воды смерть организма наступает раньше, чем при отсутствии пищи. Это объясняется тем, что без воды питательные вещества не могут поступать в клетку, так как в нерастворимом состоянии они не могут усваиваться.

Физическое состояние веществ, составляющих клетку. В клетке находятся различные составляющие ее компоненты, и они обладают различными физическими свойствами: вязкостью, электропроводностью, эластичностью, преломлением света и т. д. Некоторые вещества находятся в виде истинных растворов, другие — в форме кристаллов, но большинство — в виде коллоидов.

Коллоид — это раствор, в котором вещество находится в растворителе не в виде молекул или ионов, как в истинных растворах, а в виде частиц из нескольких молекул размером от 1 до 500 нм*. Коллоидные частицы несут одноименный заряд и благодаря этому отталкиваются одна от другой и тем самым находятся во взвешенном состоянии.

Размер, форма и строение клеток. В подавляющем большинстве клетки имеют микроскопические размеры (от 4 до 200 мкм**). Имеются, однако, гигантские клетки, достигающие 6—7 см и более (яйцеклетка с желтком крупных птиц). Форма клеток связана с выполняемой ими функцией: шаровидные, овальные, кубические, цилиндрические, звездчатые, дисковые и др. (рис. 3).

Клетка состоит из протоплазмы (живого вещества сложного строения), окруженной оболочкой. В протоплазме различают цитоплазму, ядро и другие структуры.

Цитоплазма представляет собой бесцветное преломляющее свет аморфное гомогенное (однородное) вещество полужидкой консистенции; вязкость ее меняется в процессе жизнедеятельности клетки.

В состав цитоплазмы входят вода (более 80%), белки и их соединения, жиры, рибонуклеиновая кислота (РНК). Органические вещества цитоплазмы (белки) образуют коллоидные растворы. В результате этого при неблагоприятных условиях (высокая температура, химические вещества и т. д.) белки могут коагулировать (свертываться) и цитоплазма становится видимой под микроскопом. При кратковременном и слабом воздействии вредного агента процесс коагуляции обратим, при более длительном и сильном воздействии этого агента процесс коагуляции может быть необратимым, и тогда клетка

* нм (нанометр) — одна миллионная часть миллиметра.

** Микрометр — одна миллионная часть метра.

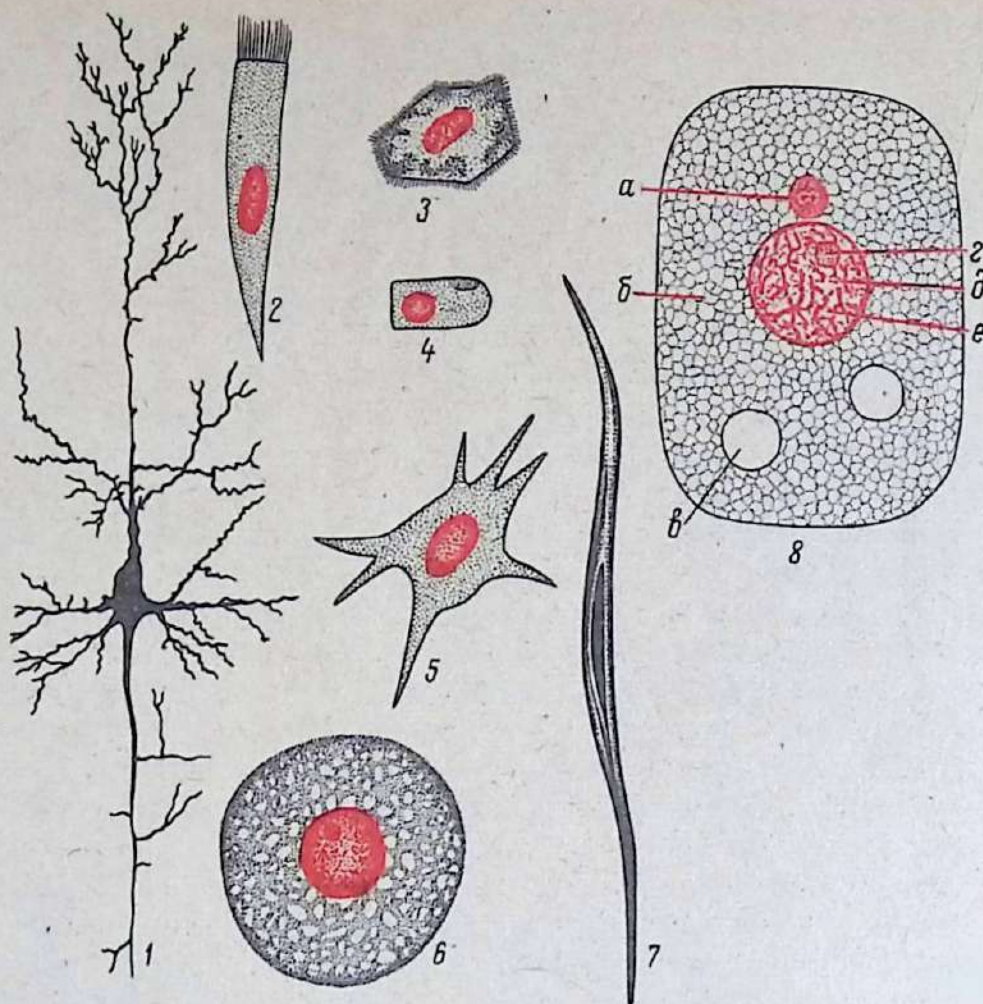


Рис. 3. Различные клетки животных организмов:

1 — нервная клетка; 2, 3, 4 — эпителиальные клетки; 5 — клетки из соединительной ткани; 6 — яйцеклетка; 7 — мышечная клетка; 8 — вид клетки под световым микроскопом; а — центросомы; б — цитоплазма; в — вакуоли; г — ядрышко; д — ядро; е — хроматин.

погибает. В цитоплазме в зоне, прилегающей к ядру, расположены так называемые морфологические образования. Они разделяются на три группы: органоиды, включения, метаплазматические образования.

О р г а н о и д ы встречаются постоянно, они выполняют функции секреторные и внутриклеточного обмена веществ. К органоидам животной клетки относятся митохондрии, лизосомы, комплекс Гольджи, клеточный центр, эндоплазматическая сеть с рибосомами (рис. 4).

М и т о х о н д р и и. Типичная митохондрия имеет форму палочки, гранулы или колбаски, длиной 1—7 мкм, шириной до 2 мкм. Она покрыта двухслойной оболочкой, состоящей из внешней и внутренней мембран, пространство между которыми заполнено водянистой жидкостью. Внутри митохондрий животных клеток имеются многочисленные выступы — гребешки. В некоторых клетках они имеют форму трубочек. На гребешках митохондрий размещаются различные ферменты, а пространство между гребешками заполнено матриксом — веществом зернистого строения, в котором также находятся ферменты, участвующие в осуществлении углеводного и жирового обмена. Благодаря наличию ферментов митохондрии являются как бы

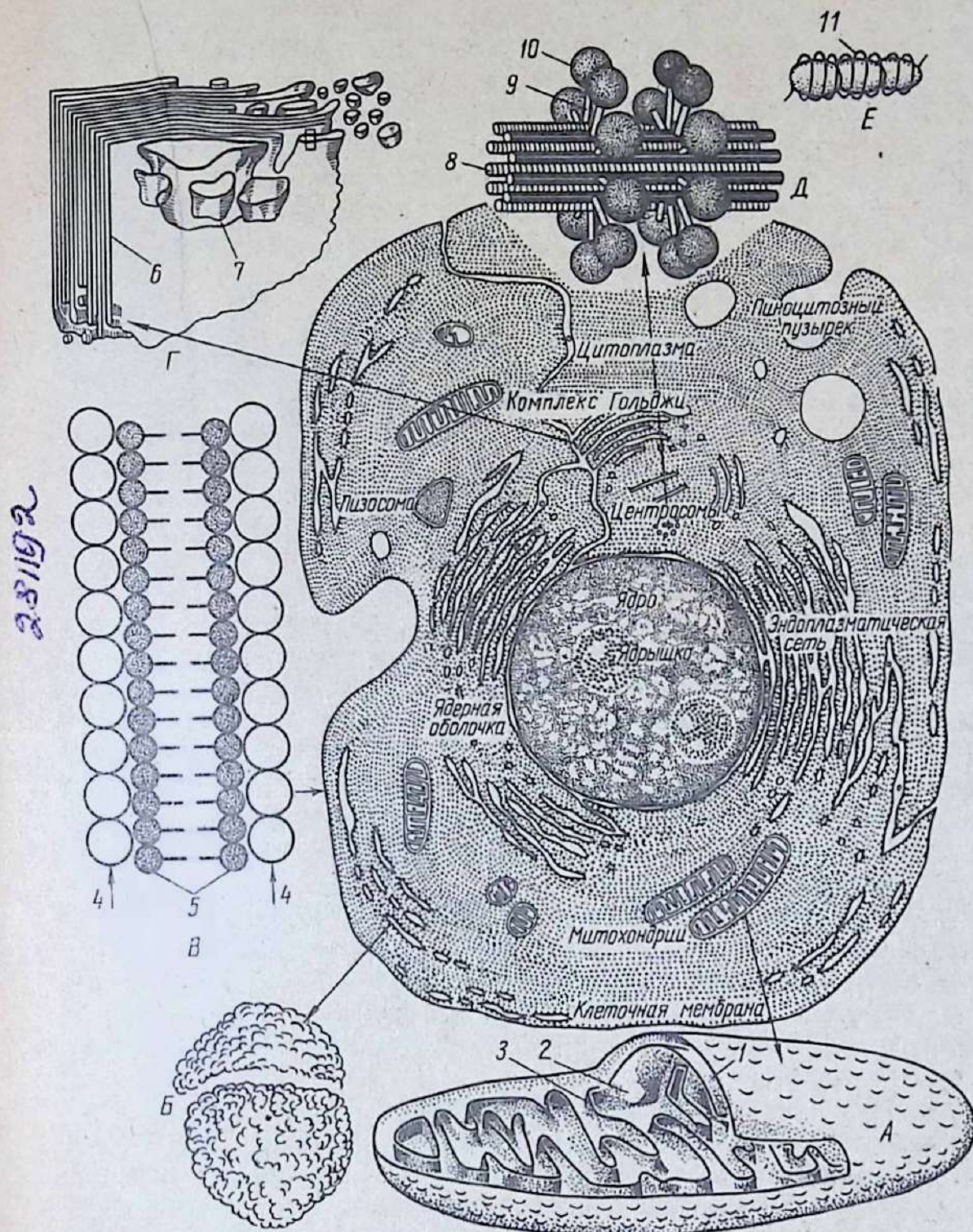


Рис. 4. Схема строения клетки, основанная на наблюдениях в электронном микроскопе:

А — митохондрия (1 — наружный и 2 — внутренние слои; 3 — криста); Б — рибосома; В — плазматическая мембрана (плазмалемма) (4 — белковые молекулы; 5 — двойной ряд молекул липоидов); Г — комплекс Гольджи (6 — мембрана, образующие мешочки; 7 — крупные вакуоли, отделившиеся от комплекса Гольджи); Д — клеточный центр; 8 — одна из девяти трубочек центриоли; 9 — мостики и 10 — сателлиты центриоли; Е — ядерные информосомы (11 — мРНК).

силовыми станциями, где происходит преобразование энергии питательных веществ в энергию, доступную для клетки. Около 60% энергии, получаемой из пищи, вовлекается в процесс фосфорилирования и образования аденозинтрифосфата, содержащего большое количество энергии. Эта энергия под воздействием ферментов легко высвобождается в местах ее потребления. По современным данным, на мембранах митохондрий, на клеточной оболочке и мембранах цитоплазматической сети аккумулируется электроэнергия клетки, которая используется ею для обменных процессов. Некоторые исследователи считают, что митохондрии участвуют также в образовании жирных кислот и превращении аминокислот.

Количество митохондрий в клетках зависит от возраста и дифференциации клеток, функциональной активности ткани; их может быть до нескольких десятков тысяч в одной клетке. Неодинаковое их количество и у разных видов птиц. Например, в мышечных клетках диких летающих птиц (утки, гуси, цесарки и др.) митохондрий больше, чем в клетках мышц домашних птиц. Митохондрии способны перемещаться внутри клетки, и поэтому они размещаются неравномерно: в железистых клетках большинство их находится ближе к базальной мембране, в клетках кишечного эпителия, выполняющих функции всасывания, количество митохондрий больше у апикального (наружного) конца, т. е. их больше там, где поступает больше питательных веществ, подлежащих окислению. Под воздействием высоких температур, гормональных препаратов, некоторых лекарственных веществ, ионизирующей радиации, а также при полном голодании митохондрии разрушаются. С их разрушением клетки теряют источники энергии, и организм становится ослабленным. В течение жизни клеток в них происходит разрушение старых и образование новых митохондрий. Это происходит вследствие самовоспроизведения им подобных.

Митохондрии состоят главным образом из белков (50—70%) и липидов (50—30%). Липиды представлены в основном фосфолипидами, которые отличаются своим составом и степенью растворимости от липидов цитоплазмы. В состав митохондрий входят также разные витамины и в небольшом количестве ДНК. Продолжительность жизни митохондрий до 20 дней.

Л и з о с о м ы — небольшие круглые тельца, покрытые мембраной, заполненные жидкостью, в которой содержатся различные ферменты, способные в кислой среде расщеплять большие молекулы белков, жиров, полисахаридов, нуклеиновых кислот и другие химические соединения. Они выполняют как бы пищеварительные функции в самой клетке: когда погибает клетка, мембрана лизосом разрушается и подвергается самоперевариванию (автолизу) ферментами самой же лизосомы.

К о м п л е к с Г о л ь д ж и впервые описал Камилло Гольджи в 1868 г. в нервных клетках как «внутриклеточный аппарат». Более сильно он выражен в железистых клетках. Полагали, что каким-то образом его функции связаны с секрецией. Считалось, что комплекс

Гольджи распадается иногда на отдельные сетчатые тела. Данные электронной микроскопии свидетельствуют о том, что сетчатые тела имеются в клетках, но они не всегда образуют сеть, иногда они расположены изолированно. Поэтому комплекс Гольджи следует рассматривать как совокупность сетчатых тел клетки. Сетчатые тела, или диктиосомы, похожи на стопки из 3—5 плоских мешочков (цистерны Гольджи), по краям их обнаружены вздутия в виде пузырьков. Полагают, что в цистернах Гольджи образуется клейкое вещество; оно скапливается в указанных пузырьках, которые затем отделяются от цистерн и перемещаются в протоплазме. В цистернах Гольджи железистых клеток животных клейкое вещество состоит из низкомолекулярного сахара и сахароподобных молекул. Считают также, что комплекс Гольджи участвует в процессах всасывания и образования гликогена, жира и др. Есть данные о том, что вещество, получающееся в цистернах Гольджи, участвует в образовании первичной оболочки вновь появляющихся клеток при их размножении.

Комплекс Гольджи располагается вокруг ядра клетки, иногда окружает клеточный центр. С изменением функции клетки расположение комплекса Гольджи изменяется.

К л е т о ч н ы й ц е н т р, или ц е н т р о с о м а, имеется во всех клетках, кроме зрелых яйцеклеток. Он состоит из двух или более плотных зернышек — центриолей. Их окружает плотная прозрачная цитоплазма, которая называется центросферой; в некоторых клетках она как бы обрамляется «сиянием» центросомы.

Каждая из центриолей имеет вид цилиндра диаметром $1500 \text{ \AA}^*$. Стенка этого цилиндра состоит из трубочек или палочек длиной $0,2\text{--}0,8 \text{ \AA}$, расположенных параллельно друг другу; они образуют девять групп, каждая из которых состоит из 1—3 трубочек. Иногда строение центриолей усложнено наличием сателлитов.

Развивается клеточный центр за счет центриолей, которые попадают в дочернюю клетку от материнской при ее делении.

Клеточный центр принимает участие в непрямом делении клеток, когда происходит перемещение хромосом; с функцией клеточного центра связано движение специфических структур. Например, главная нить хвоста спермиев, при помощи которого они движутся, развивается из центриолей.

У некоторых простейших организмов клеточный центр морфологически соединен с мерцательными ресничками и жгутиками.

Э н д о п л а з м а т и ч е с к а я с е т ь к л е т к и — это система внутриклеточных канальцев, цистерн и т. д., ограниченных цитоплазматическими (внутриклеточными) мембранами. Соединяясь между собой, канальцы и цистерны образуют сеть, которая пронизывает цитоплазму. Увидеть эту сеть можно только с помощью электронного микроскопа.

Эндоплазматическая сеть обнаружена во всех животных клетках. Она типична для каждого вида клеток: эндоплазматическая сеть наи-

* $\text{\AA}$ (ангстрем) — одна десятиллионная часть миллиметра.

более развита в секреторных клетках печени, поджелудочной железы с высоким уровнем обмена веществ, хорошо развита в зрелых и значительно слабее в малодифференцированных клетках. Интенсивность и форма развития эндоплазматической сети изменяются в зависимости от возраста и функциональной активности клеток.

По строению различают гладкую и гранулярную эндоплазматическую сеть. Функция гранулярной сети состоит в том, что в ней циркулируют вещества, поступающие из внешней среды в цитоплазму, а также осуществляется транспортировка веществ между отдельными структурами внутри клетки. По некоторым данным (Раладе, 1953), мембраны эндоплазматической сети совершают активные движения, нагнетая различные вещества в полость канальцев цистерн. Мембраны обладают различной проницаемостью для разных веществ, а благодаря имеющимся в них ферментам первично воздействуют на поступающие вещества. Эндоплазматическая сеть участвует в секреторном процессе, синтезе белков и протеолитических ферментов, транспортировке и накоплении липидов и гликогена в клетке. Эндоплазматическая сеть может быть пластичной и динамичной. Она обновляется за счет образований, имеющих мембранную структуру. Дивертикулы (ответвления) и отдельные пиноцитозные пузырьки (способные к накоплению жидкости) могут сливаться с мембранами эндоплазматической сети и тем самым пополнять ее.

Функция гладкой эндоплазматической сети мало изучена. Полагают, что она участвует в синтезе и транспорте липидов и углеводов, способствует накоплению и транспортировке питательных веществ из окружающей среды.

Рибосомы, или **рибонуклеопротеидные гранулы**, являются одним из компонентов эндоплазматической сети. Это плотные сферические гранулы размером 150—350 Å в диаметре. Они расположены на наружной поверхности мембран эндоплазматической сети. Иногда рибосомы находятся свободно в цитоплазме.

Рибосомы содержат почти равное количество РНК и белка. От общего количества РНК клетки 80—90% ее находится в рибосомах. В состав рибосом входят некоторые ферменты, а также магний и вода. Рибосомы имеют исключительно важное значение в синтезе белков определенного строения. На них происходят конденсация активированных аминокислот и укладка их в соответствии с генетической информацией, переданной из ядра через информационную РНК (см. стр. 29). В синтезе белка принимают участие не все рибосомы, а только тяжелые — активные. Их около 10% от общего числа рибосом. Рибосомы в процессе синтеза участвуют попеременно, в ритме работа — отдых. Синтез белка осуществляется не одиночными, а целой системой из 5—10 рибосом, расположенных на расстоянии 50—150 Å и связанных между собой тонкими нитями.

Включения. В связи с непрерывным обменом веществ в клетке накапливаются различные вещества, которые называются включениями. Они появляются и исчезают. Включения могут быть во взвешенном

состоянии или в виде скоплений — гранул и кристаллов, видимых под микроскопом.

Включения имеют различное назначение. Одни из них расходуются в процессе внутриклеточного обмена, это трофические включения; к ним относятся жиры, липиды, гликоген. Другие являются продуктами распада и в клетке находятся временно, постепенно выделяясь из нее в окружающую среду. Такие включения называются экскреторными; к ним относятся мочекислые соли, мочевины, молочная кислота, желчные пигменты. Есть включения, которые постоянно образуются в клетке и выделяются во внешнюю среду в виде секрета, их называют секреторными.

Метаплазматические образования — это специальные органоиды, которые выполняют в клетке частные функции. Они происходят из цитоплазмы. К метаплазматическим образованиям относятся тонофибриллы в клетках эпидермиса, выполняющие опорную функцию, миофибриллы мышечных клеток, участвующие в сокращении, и т. д.

Оболочка клетки и специализированные структуры поверхности клеток. Плазмалемма, или клеточная оболочка, имеется у всех животных клеток. Она видима только с помощью электронного микроскопа. Толщина ее около 70—100 Å. Оболочка состоит из трех электронно-плотных слоев (наружного и внутреннего) и расположенного между ними менее плотного (светлого) слоя. Мембраны митохондрий, эндоплазматической сети, комплекса Гольджи также имеют трехслойную структуру.

На свободных поверхностях клеток имеются микроворсинки в виде выростов длиной 2—3 мкм, диаметром 500—1000 Å. На одной эпителиальной клетке тонкого кишечника их может быть около 2000. Совокупность таких ворсинок образует кутикулу (например, кутикула кишечного эпителия). На поверхности клеток имеются также выступы различной формы. Выступы поверхности одной клетки и выступы поверхности другой, близлежащей клетки образуют межклеточные мостики.

Специализированные структуры поверхности клетки в виде кутикулы, щеточной каймы, базального лабиринта способствуют лучшему поступлению в клетку и перевариванию веществ, подлежащих всасыванию.

Плазмалемма физиологически активна. Сторона ее, обращенная к наружной среде, покрыта слизеобразными веществами, которые удерживают ферменты на поверхности клетки. Эти ферменты действуют на некоторые вещества, соприкасающиеся с клеткой, и делают их способными проникать внутрь.

Плазмалемма способствует переносу веществ из окружающей ее среды внутрь клетки и наоборот. Благодаря активному процессу обмена ионов в клетке в плазмалемме создается разность потенциалов: наружный ее слой имеет положительный, а внутренний — отрицательный заряд. Разность зарядов способствует поступлению веществ в клетку и обратно.

Ядро, или кариоплазма, — постоянный структурный компонент любой клетки, за исключением эритроцитов млекопитающих. Оно имеет различную форму — круглую, пузырьковидную, овальную, палочковидную, подковообразную и др. Величина ядер зависит от функционального состояния клеток.

Ядро не может существовать отдельно от цитоплазмы. В клетке имеется чаще одно, реже два ядра и более. В процессе обмена веществ в цитоплазму через поры мембраны ядра выталкиваются синтезируемые им вещества. Основную массу ядра составляет ядерный сок, состоящий из белков, ДНК, РНК, солей магния, натрия, калия и других веществ.

В живой клетке ядро представляется как однородная масса с едва заметным ядрышком. Но если препарат зафиксировать и окрасить, то в ядре можно увидеть оболочку, ядрышко, информасомы, половой хроматин.

Оболочка ядра состоит из двух листков: наружного и внутреннего. Между листками имеется светлое пространство, оно называется перинуклеарным. Через определенные промежутки листки оболочки ядра так сближаются, что в этом месте образуются тонкие участки — поры мембраны. Насчитывают 40—80 таких участков на 1 мкм поверхности мембраны. Эти поры могут открываться и закрываться. При открывании их некоторая часть содержимого ядра выходит в цитоплазму. Ядерная мембрана эластична: может вдавливаться внутрь ядра и развиваться при слиянии ядер.

Я д р ы ш к о. В ядре может быть одно и более ядрышек, различных по своему химическому составу и способности к окраске. Ядрышко имеет нитевидную структуру и гомогенное вещество, находящееся между нитями. В ядрышках разнообразных клеток имеется РНК, причем активность ее в 10 раз больше по сравнению с РНК цитоплазмы. В живых клетках ядрышки обладают большим лучепреломлением и амебоидной подвижностью, благодаря чему они могут выходить из ядра в цитоплазму. В клетках, лишенных ядрышек, синтеза рибосомной РНК не происходит.

Х р о м о с о м ы — основные компоненты ядра клетки, макромолекулы, состоящие из большого количества атомов (несколько тысяч). После обработки их определенными красителями они окрашиваются и становятся видимыми под микроскопом. Хромосома (происходит от греческого хромо — окрашено и сома — тело) описана впервые в 1848 г. Обстоятельное изучение хромосом стало возможным с применением методов рентгеноסקопии, электронной и поляризационной микроскопии, которые позволили изучать более тонкое их строение. Они способны к передаче генетической информации от одного поколения клеток к другому. Хромосомы представляют собой прямые или нитевидные структуры. Длина их колеблется в больших пределах (от 0,2 до 50 мкм), диаметр 0,2—0,3 мкм. Для определенного вида птиц число хромосом постоянно: у кур их 78, у голубя 80.

В состав хромосом входят ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота), гистон (белок), РНК (рибонуклеиновая кислота) и остаточный белок, содержащий триптофан. Конфигурация хромосомы зависит от соедине-

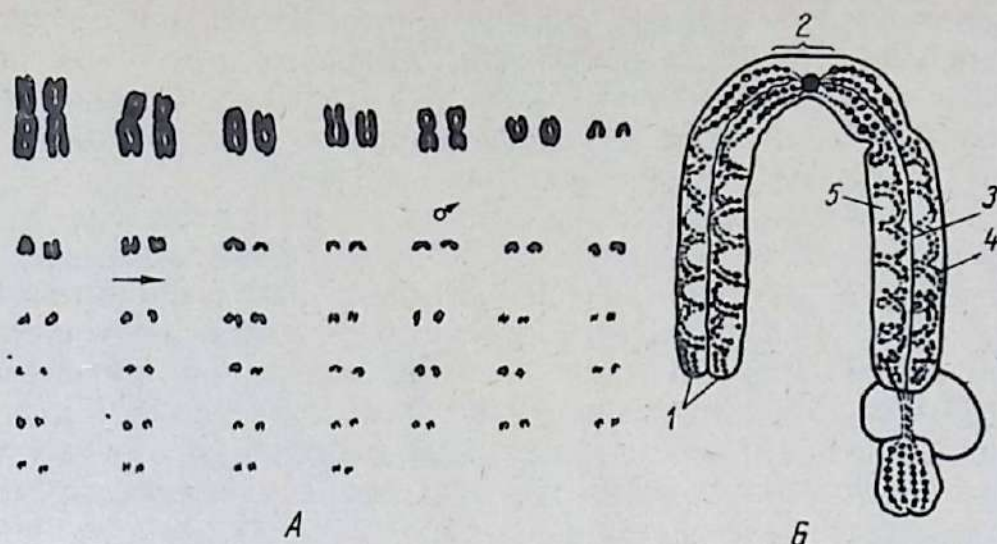


Рис. 5. Кариотип курицы:

А — набор соматических хромосом; Б — схема строения хромосомы (1 — хроматиды, 2 — центромера, 3 — хромонема, 4 — хромомера, 5 — матрикс).

ния ДНК с остаточным белком; последний служит скелетным белком, с которым связаны ДНК и гистоны.

При рассмотрении с помощью микроскопа неделящейся клетки можно увидеть тоненькие темнокрашенные нити ядерного вещества, которые называются **п о л о в ы м х р о м а т и н о м**. Он составляет ядерную сеть. По химическому составу хроматин представляет собой дезоксирибонуклеопротеид, т. е. соединение белка и ДНК. Хроматин четко обнаруживается у самок млекопитающих в виде хроматинового тельца, располагающегося у ядрышка или плотно прилегающего к ядерной мембране. У птиц половой хроматин обнаруживается преимущественно в клетках самцов.

Когда начинается деление клетки, хромосомы образуют хорошо видимую длинную нить, ее называют **х р о м о н е м о й**. Вдоль нее располагаются **х р о м о м е р ы** (структуры темного цвета четко-образной формы). На ранней стадии деления клетки хромосомы продольно удваиваются, образуя две нити, так называемые сестринские хроматиды, которые удерживаются между собой общим участком — центромерой.

В каждой хромосоме по ее длине имеются микроучастки, которые называются **л о к у с а м и**, в них располагаются **г е н ы** — единицы наследственности; они передают признаки по наследству. В настоящее время уже изучены некоторые хромосомы, имеются генетические и цитологические карты их, в частности карта хромосомы слюнной железы плодовой мухи дрозофилы.

Совокупность особенностей хромосомного набора (число и форма хромосом) называется **к а р и о т и п о м** (рис. 5).

В соматических клетках (клетках тела) число хромосом в 2 раза больше, чем в зрелых половых клетках, потому что половина хромосом происходит от курицы, а половина — от петуха. Двойное число хромосом соматической клетки называют диплоидным числом и услов-

но обозначают $2n$. В зрелых половых клетках число хромосом наполовину меньше (гаплоидное число), обозначают его n . Парные хромосомы в соматических клетках, из которых одна происходит от материнского организма, а другая — от отцовского, называются гомологичными; они морфологически неотличимы.

Каждый вид животных и растений имеет постоянное число хромосом, но наблюдаются и отклонения. Например, у некоторых видов растений и животных иногда, кроме диплоидного количества хромосом (типа А), имеются добавочные хромосомы, названные типом В. При делении таких клеток происходит неравномерное распределение хромосом, и в клетках последующих поколений дополнительных хромосом может накапливаться больше 10, в силу этого могут возникать различные отклонения в развитии и плодовитости животного или растения.

Кроме типов А, В, у птиц имеются хромосомы Z и W, которые называют половыми. От набора последних зависит пол животного.

У самцов птиц образуются половые гаметы одного типа (ZZ), а у самок — двух типов Z и W. Если в оплодотворении участвует яйцеклетка, содержащая Z-хромосому, то зигота будет иметь комплекс ZZ и из нее будет развиваться самец. Если будет оплодотворена яйцеклетка, содержащая W-хромосому, то зигота будет содержать комплекс женских хромосом (ZW). Разные виды птиц отличаются не только по числу хромосом, но и по природе наследственных факторов (генов), содержащихся в хромосомах. По данным Н. П. Дубинина и И. А. Веселовского, ген как единица наследственности, обуславливающая признаки организма, имеет свою характеристику:

ген — это локализованный участок (локус) хромосомы (материальная единица наследственности); он несет в себе информацию для синтеза полипептидной цепи с определенной последовательностью аминокислот; ген служит матрицей для образования молекулы информационной РНК (иРНК); каждая молекула иРНК существует в клетке несколько минут, после чего ген образует новые молекулы иРНК;

ген дискретен, т. е. он обуславливает процесс той или иной биохимической реакции; усиливает или ослабляет определенный признак организма; каждый ген имеет свою специфику и отвечает за синтез первичной структуры белковой молекулы;

ген может действовать множественно, т. е. способен воздействовать на течение разных реакций и развитие многих признаков организма (плейотропия гена);

ген может вступать во взаимодействие с другими генами, и в результате этого эффект его изменяется;

на один и тот же признак или свойство организма могут действовать разные гены в различных парах и тем самым усиливают или ослабляют действие гена.

Строение и синтез нуклеиновых кислот. Ядро клетки является главным центром, где происходит синтез нуклеиновых кислот. Экспериментально доказано, что только нуклеиновые клетки, а не белки



Рис. 6. Строение нуклеотида.

СХЕМА СТРУКТУРЫ
МОЛЕКУЛЫ ДНК
по Уотсону и Крику

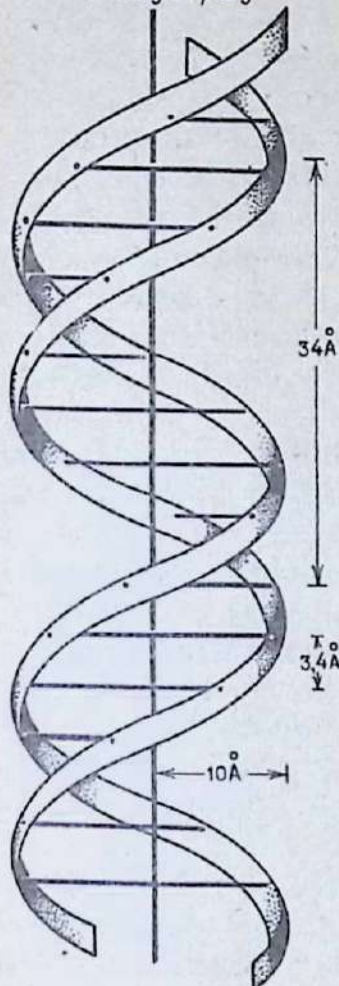


СХЕМА СТРОЕНИЯ УЧАСТКА МОЛЕКУЛЫ ДНК



СПАРИВАНИЕ АЗОТИСТЫХ ОСНОВАНИЙ
В МОЛЕКУЛЕ ДНК

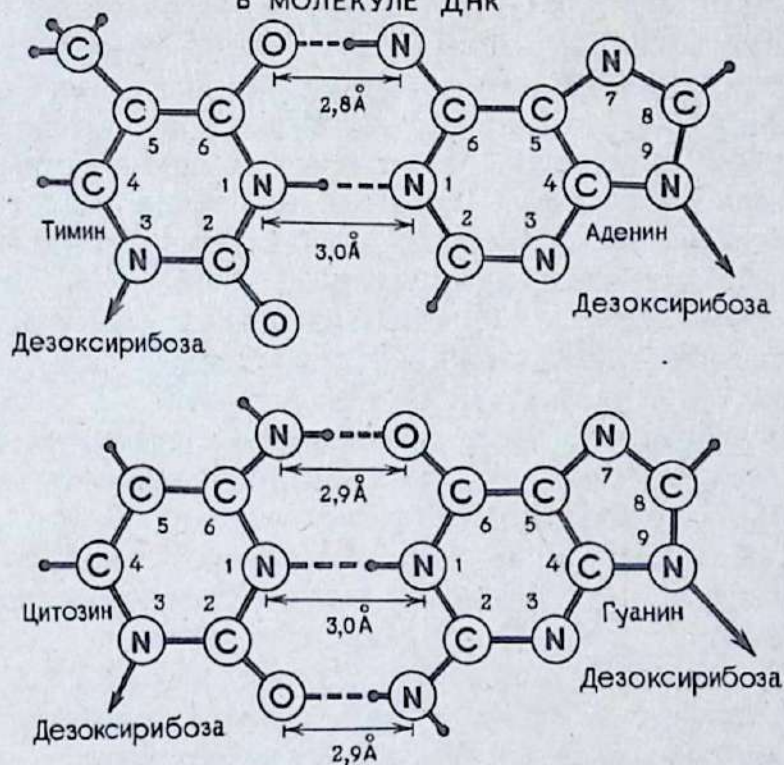


Рис. 7. Схема структуры молекулы ДНК (цифры указывают расстояние в ангстремах между разными точками молекулы).

являются материальными носителями наследственности. Нуклеиновые кислоты впервые были выделены из клеточного ядра (nucleus), откуда и получили свое название.

Нуклеиновые кислоты — высокомолекулярные соединения, имеющие молекулярную массу от 5 000 000 до 40 000 000. Они полинуклеотиды, т. е. соединены из большего количества нуклеотидов. Каждый нуклеотид имеет в своем составе три компонента: фосфорную кислоту (1 молекула) + сахар (1 молекула) + органическое основание (1 молекула) (рис. 6). Фосфорная кислота во всех случаях одинакова. Сахар имеется в двух вариантах: рибоза и дезоксирибоза. Соответственно этим двум сахарам имеется два типа нуклеиновых кислот: ДНК (дезоксирибонуклеиновая) и РНК (рибонуклеиновая); третьим компонентом, как указывалось выше, является органическое основание.

В образовании нуклеиновых кислот участвуют пять органических оснований: аденин (А), гуанин (Г), относящиеся к типу пуринов; цитозин (Ц), тиамин (Т) и урацил (У), относящиеся к типу пиримидинов.

Строение и синтез ДНК. Молекула ДНК является полимером, состоящим из большего количества нуклеотидов.

В 1953 г. Д. Уотсон и Ф. Крик предложили модель и структуру молекулы ДНК, которая подтвердилась в дальнейших исследованиях, проведенных с помощью рентгеноסקопии и электронной микроскопии. Молекула ДНК состоит из двух очень длинных тонких полимерных цепей нуклеотидов, закрученных одна относительно другой в правильную двойную спираль (рис. 7). Диаметр этой спирали примерно 20 Å, а шаг (расстояние между витками) равен 34 Å. Образно эту двойную спираль можно представить в виде винтовой лестницы, где ступеньками являются азотистые основания: аденин (А), гуанин (Г), тиамин (Т), цитозин (Ц), соединенные между собой водородными связями, а перилами ее служит углеводно-фосфатный скелет (дезоксирибоза + фосфат). Азотистые основания располагаются определенным образом: против аденина первой спиральной цепи расположен тиамин второй спиральной цепи, а напротив гуанина — цитозин. Следует отметить, что аденин всегда комплектуется с тиамином, а гуанин — с цитозином. Они дополняют друг друга. Если, например, в одной из цепей имеется последовательность АТГТЦ, то в другой цепи будет стоять ТАЦАГ. Благодаря такой специфике присоединения оснований достигается комплектная последовательность их в двух спиральных цепях молекулы ДНК.

Азотистые основания соединены между собой водородными связями. При этом аденин и тиамин соединены двойными водородными связями, а гуанин и цитозин — тройными.

Углеводно-фосфатный скелет (дезоксирибоза + фосфат) располагается в цепи молекулы ДНК последовательно, тогда как азотистые основания размещены вдоль цепи не последовательно и характерны для каждого данного типа молекулы ДНК. Все имеющееся разнообразие молекул ДНК создается в результате различного взаиморасположения четырех азотистых оснований — аденина, гуанина, цитозина и тиамина. Из этих четырех азотистых оснований число возможных комбина-

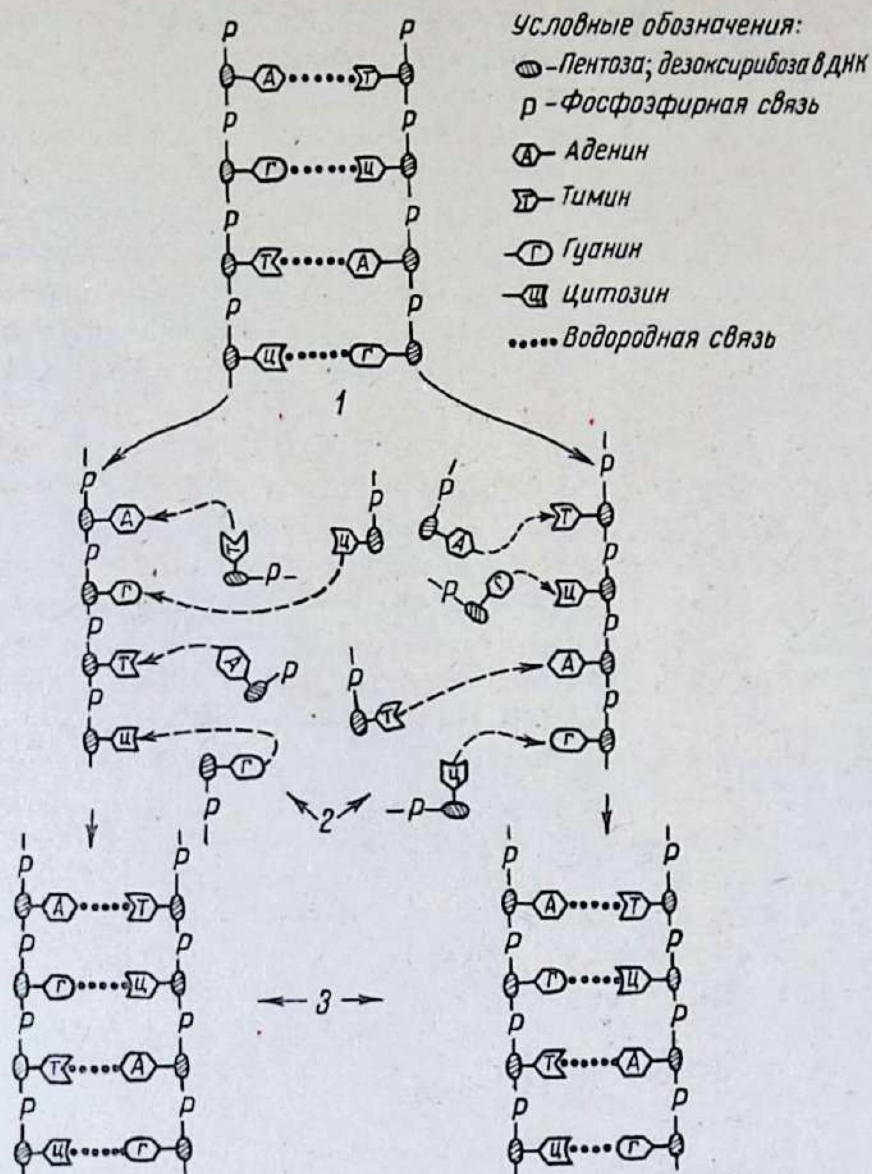


Рис. 8. Схема синтеза молекулы ДНК:

1 — спираль ДНК, состоящая из двух цепей; 2 — раскручиваясь, она разъединяется на две цепи, к которым присоединяются свободно плавающие вокруг них структурные группы; 3 — после соединения друг с другом соответствующих оснований образуются две новые спирали.

ций, т. е. число изомеров (соединения, имеющие одинаковый молекулярный состав, но различные химические и физические свойства), может достичь в полинуклеотидной цепи ДНК астрономической цифры (4^{100}). Возможно, что каждый ген в хромосоме представляет собой участок ДНК, содержащий сотни или тысячи нуклеотидов (И. А. Веселовский, 1969).

Специальные исследования показали, что, когда двухспиральную молекулу ДНК нагревают до температуры немного ниже 100° , водородные связи между основаниями разрываются и комплектные цепи отделяются друг от друга (денатурация ДНК). Если нагретый раствор ДНК подвергать медленному охлаждению, то разделенные комплектные цепи находят друг друга и вновь образуют равномерную двойную спираль. Способность ДНК к восстановлению открывает

возможность для получения искусственных гибридных молекул ДНК. Это достигается путем медленного охлаждения смеси денатурированных ДНК двух различных организмов, что может быть полезным в изучении генетического сходства между представителями различных групп. Например, можно получить гибридные молекулы ДНК, в которых одна цепь будет принадлежать ДНК человека, а другая — ДНК мыши. Однако лишь небольшая часть (25%) ДНК человека может образовывать гибрид с ДНК мыши, потому что последовательность расположения нуклеотидов сходна только в некоторых генах, а все остальные гены этих организмов различаются очень сильно (Д. Уотсон, 1967).

Репликация ДНК. Из всех химических соединений, имеющих в организме, только молекула ДНК обладает свойствами репликации, т. е. воспроизведения себе подобной молекулы из нуклеотидов. Это происходит следующим образом. Под действием фермента дезоксирибонуклеазы молекула ДНК расщепляется по месту водородных связей азотистых оснований и спираль ДНК, раскручиваясь, разделяется на две цепи. По мере того как они отделяются друг от друга, к каждой из них присоединяются при участии фермента ДНК-полимеразы на одной цепи аденин к тиамину, гуанин к цитозину, а на другой тиамин к аденину, цитозин к гуанину.

Одновременно дезоксирибонуклеотиды соединяются между собой фосфатными остатками, и так постепенно из двух разделенных цепей ДНК образуются две полноценные нити ДНК, у каждой из которых одна половина происходит от родительской молекулы, а другая вновь синтезируемая (рис. 8). Следовательно, у каждой цепи материнской молекулы ДНК возникает вторая, дочерняя. Таким образом, из одной молекулы ДНК образуются две новые, но совершенно одинаковые молекулы ДНК. Новые молекулы ДНК разойдутся в различные хромосомные наборы, и живая клетка разделится. Период между двумя делениями клетки называется стадией интерфазы (относительного покоя). Синтез ДНК происходит во второй стадии интерфазы и заканчивается до начала деления клетки, поэтому в ней некоторое время содержится двойное количество ДНК.

Биосинтез РНК. Молекула рибонуклеиновой кислоты имеет одну цепочку полинуклеотидов в виде слабо изогнутой спирали. Структура нуклеотидов в цепочке молекулы РНК такая же, как и в молекуле ДНК, но в отличие от ДНК вместо тиамина и дезоксирибозы в состав каждого нуклеотида молекулы РНК входят урацил и рибоза (табл. 1).

Т а б л. 1. Структура молекул ДНК и РНК

Составные элементы	Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)	Рибонуклеиновая кислота (РНК)
Азотистые основания: пуриновые пиримидиновые	Аденин, гуанин Цитозин, тиамин	Аденин, гуанин Цитозин, урацил
Остатки кислоты	Фосфат	Фосфат
Углеводный остаток	Дезоксирибоза	Рибоза

ДНК и РНК взаимосвязаны между собой в процессе синтеза белка и передачи наследственности.

ДНК и РНК различных видов птиц, растений и бактерий по химическому составу близки между собой и не имеют видовой специфичности.

Все рибонуклеиновые кислоты, выделяемые из клеток животных и бактерий, разделяют на три группы (табл. 2).

Т а б л. 2. Типы клеточной РНК (из *E. coli*)

Тип РНК	Доля от всей клеточной РНК, %	Молекулярная масса
Рибосомная	75—80	$1,2 : 10^6$ и $0,5 : 10^6$
Информационная	5—10	До $2 : 10^6$
Растворимая	10—15	25 000

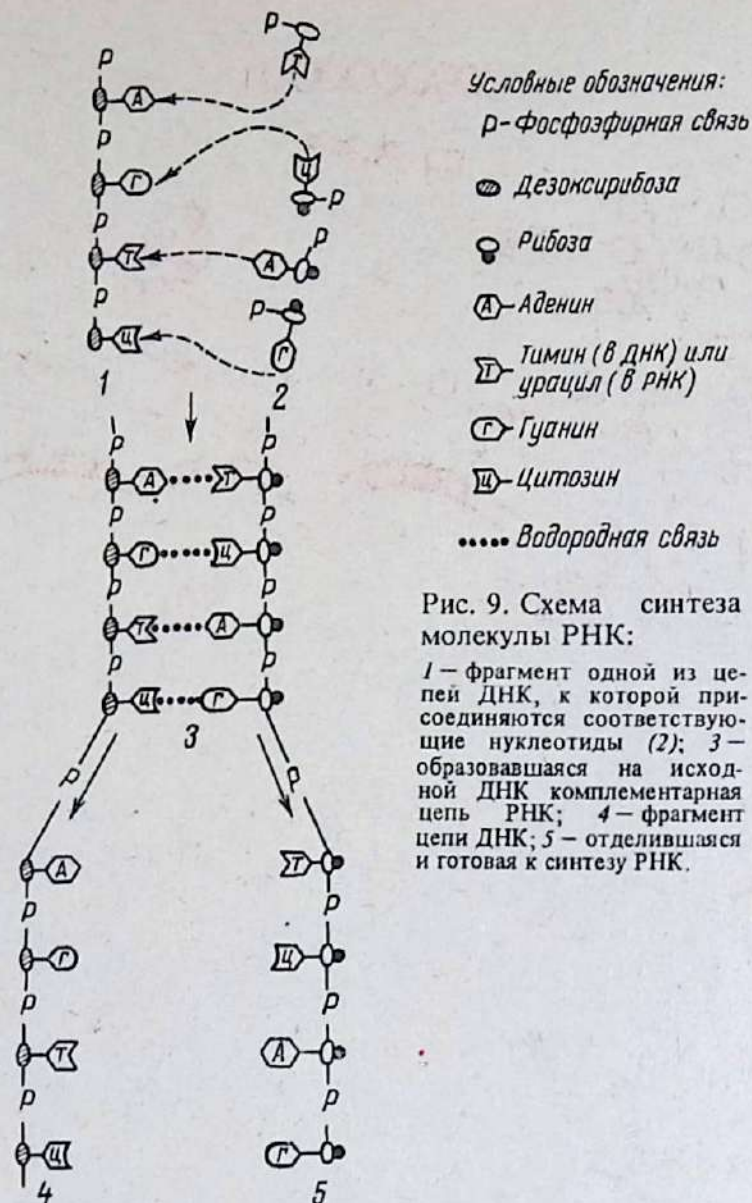
Рибосомная РНК (рРНК) является главным компонентом клетки и составляет большую часть всей РНК. Она обнаруживается на рибосомах и состоит из двух компонентов: большой РНК с молекулярной массой 1,2 млн. и малой РНК с молекулярной массой 0,5 млн. Полагают, что рибосомная РНК определяет структуру белка.

Информационная РНК (иРНК), или, как ее еще называют, матричная РНК (мРНК), выполняет роль матрицы при синтезе белка, она составляет активную часть полисом (группы рибосом). Молекула мРНК имеет различную молекулярную массу (до 1,2 млн.), мРНК используется в рибосомах немногим более 30 мин, затем разрушается и заменяется новой. Однако если учитывать, что на синтез одной молекулы белка требуется всего четверть секунды, то, следовательно, мРНК успевает создать довольно большое количество белковых молекул.

РНК-переносчик, или транспортная РНК (тРНК), имеет молекулярную массу 25 000. Общая ее длина приблизительно 75 нуклеотидов. Функции тРНК изучены хорошо. Каждая тРНК присоединяет постоянно только одну, для нее специфичную аминокислоту и переносит ее на мРНК, где она присоединяется к другим, таким же способом доставленным аминокислотам, образуя белок, причем каждая тРНК доставляет свою аминокислоту точно в определенное место на матрице. Количество молекул тРНК большое. По крайней мере на каждую из 20 известных аминокислот должно быть по одному специфическому типу молекул тРНК.

Синтез РНК происходит в ядре клетки на молекулах ДНК. Но не на обеих, а только на одной из ее полинуклеотидной цепи, поэтому РНК является как бы слепком одной нити молекулы ДНК с аналогичным чередованием нуклеотидов.

Молекула РНК синтезируется не по всей длине цепочки молекулы ДНК, а лишь на ее отдельном участке. К этому участку присоединяются нуклеотиды с соблюдением того же принципа комплементарности, что и в синтезе ДНК, а именно: тиамин присоединяет аденин, гуанин — ци-



тозин, аденин — урацил. Присоединение происходит при участии фермента РНК-полимеразы (рис. 9).

Таким образом, ДНК является матрицей для синтеза РНК. Образовавшаяся двойная цепь ДНК = РНК существует до тех пор, пока соотношение ДНК и РНК не достигнет определенной величины, после чего молекула РНК, как слепок части цепочки ДНК, отделяется и поступает через поры мембраны ядра по каналам эндоплазматической сети в цитоплазму и к рибосомам.

Биосинтез белка в клетке. Все имеющиеся белки в организме синтезируются в клетках в первой половине периода их покоя (интерфаза). В 1960 г. Ф. Крик предложил так называемую матричную теорию синтеза белка в клетках. Согласно данной теории, синтез белка происходит в такой последовательности. На одной цепи ДНК синтезируется матричная РНК (мРНК), которая в последующем служит матрицей для синтеза белков.

Образовавшаяся в ядре клетки мРНК через поры мембраны ядра

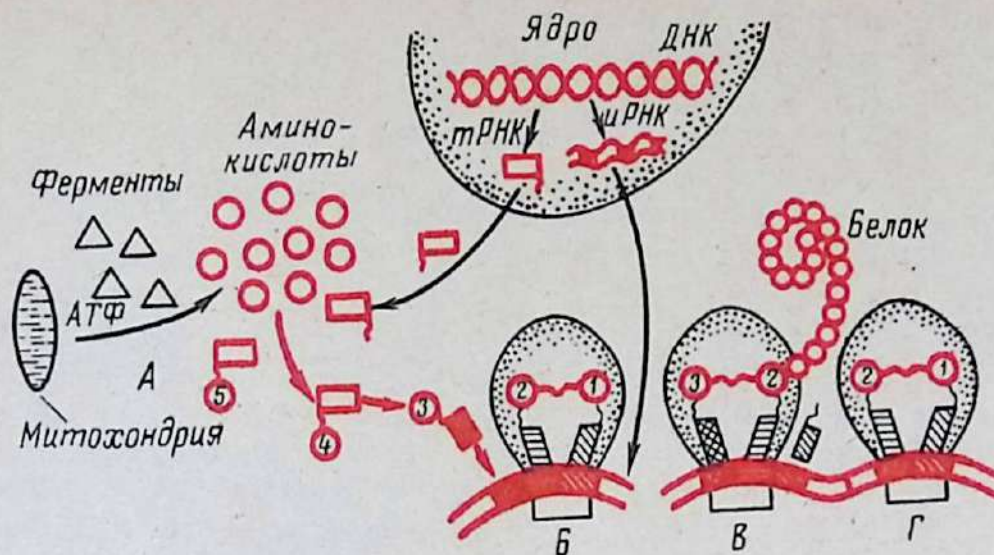


Рис. 10. Схема синтеза белка:

А — под влиянием ферментов и при поступлении энергии из митохондрий транспортная РНК захватывает специфичную для нее аминокислоту и доставляет к рибосоме; Б-В — последовательность синтеза белка на одной рибосоме (освобождаясь от рибосомы, белок свертывается); Г — начало синтеза белка на второй рибосоме.

проникает в каналы эндоплазматической сети, по ним достигает рибосомы, находящейся в цитоплазме, и присоединяется к ней. После этого начинается синтез белка из аминокислот.

Синтез белка на рибосоме происходит следующим образом. Аминокислоты, находящиеся в цитоплазме клетки, активизируются ферментами и веществами, богатыми АТФ (аденозинтрифосфорная кислота). Активизированные аминокислоты связываются с тРНК, при этом располагаются в последовательности, которая задана в мРНК.

Аминокислоты, доставленные тРНК к мРНК, связываются посредством ее одна с другой в полипептидную цепочку. По мере того как эта цепочка формируется, она освобождается от связи с мРНК и тРНК. В последующем, когда белковая цепочка (молекула) сформируется полностью, она отделяется и становится самостоятельной (рис. 10). При этом освобождается мРНК; последняя разрушается, а на ее место к рибосоме присоединяется следующая, поступающая из ядра мРНК. Освободившаяся тРНК снова присоединяет молекулу аминокислоты и доставляет ее к новой мРНК.

Так неоднократно повторяется синтез белка в рибосомах, притом одна молекула мРНК может связываться одновременно с 1—20 рибосомами. Поэтому на одной молекуле мРНК может образовываться до 20 молекул белка. Общая масса рибосом составляет примерно $\frac{1}{4}$ всей массы клетки, поэтому удельный вес синтеза белков в общем клеточном синтезе довольно велик. Хотя каждая рибосома в данный момент времени может синтезировать только одну полипептидную цепь, однако образование белка идет довольно быстро. Это объясняется тем, что на синтез полипептида, например с молекулярной массой 40 000, тратится около 10 с. Примерные расчеты показали, что в 1 минуту образуется от 5 до 6 тыс. полипептидных связей.

Процессы жизнедеятельности клетки. Клетке как одной из форм живого вещества свойственны обмен веществ, раздражимость, движение, размножение, старение и отмирание.

Обмен веществ в клетке. Питательные вещества поступая в клетку из внешней среды, подвергаются сложным превращениям и используются для синтеза веществ. Из клетки выделяются конечные продукты обмена. Таким образом, процесс обмена в клетке складывается из ассимиляции — усвоения веществ поступающих из внешней среды, и диссимиляции — расщепления органических веществ на более простые соединения с освобождением энергии, необходимой для жизненных функций организма. Диссимиляция и ассимиляция в клетке протекают непрерывно и одновременно. Это две стороны единого процесса обмена веществ. Проникновение веществ в клетку и выведение их из нее происходят по законам диффузии, осмоса, а также в результате активного избирательного свойства плазмалеммы. Проницаемость веществ в клетку изменяется от реакции среды, радиации, температуры, возраста и физиологического состояния самой клетки. Например, с увеличением числа гидроксильных групп (ОН) в молекуле вещества проницаемость его в клетку уменьшается. Органические кислоты проникают в клетку быстрее, чем неорганические. Плотные вещества поступают в клетку из окружающей среды путем фагоцитоза (пожирания) более крупных и пиноцитоза (поглощения) более мелких и менее плотных частиц. Как только частицы питательных веществ придут в соприкосновение с клеточной мембраной (плазмалеммой), они адсорбируются на ее поверхности с помощью клейкого вещества типа мукополисахаридов, покрывающих клеточную оболочку. В дальнейшем приклеившиеся (адсорбированные) частицы вместе с плазмалеммой погружаются в глубь цитоплазмы. При этом образуются пузырьки, которые постепенно отделяются от плазмалеммы и погружаются внутрь клетки.

По мере продвижения внутрь клетки пиноцитозные пузырьки отдают жидкость цитоплазме, в фагоцитозных пузырьках происходит переваривание частиц. Все, что имеет ценность для клетки, извлекается, а непереваренный материал остается внутри пузырька, вместе с ним продвигается обратно к плазмалемме и выбрасывается наружу.

Раздражимость — свойство клетки отвечать на воздействие различных факторов внешней среды: температуры, света, химических веществ. В ответ на раздражение различные клетки реагируют по-разному, в зависимости от силы и характера раздражителя, а также от организации животного.

Движение клетки — одна из форм ответа на раздражение. Чаще встречаются три вида движения: амебоидное, ресничное, мышечное.

Амебоидное движение совершают клетки крови (лейкоциты), мигрирующие из кровеносных сосудов в очаги воспаления, а также некоторые клетки соединительной ткани. В качестве органа движения у них служат псевдоподии, которые образуются из протоплазмы.

Ресничное движение осуществляется с помощью ресничек и жгути-

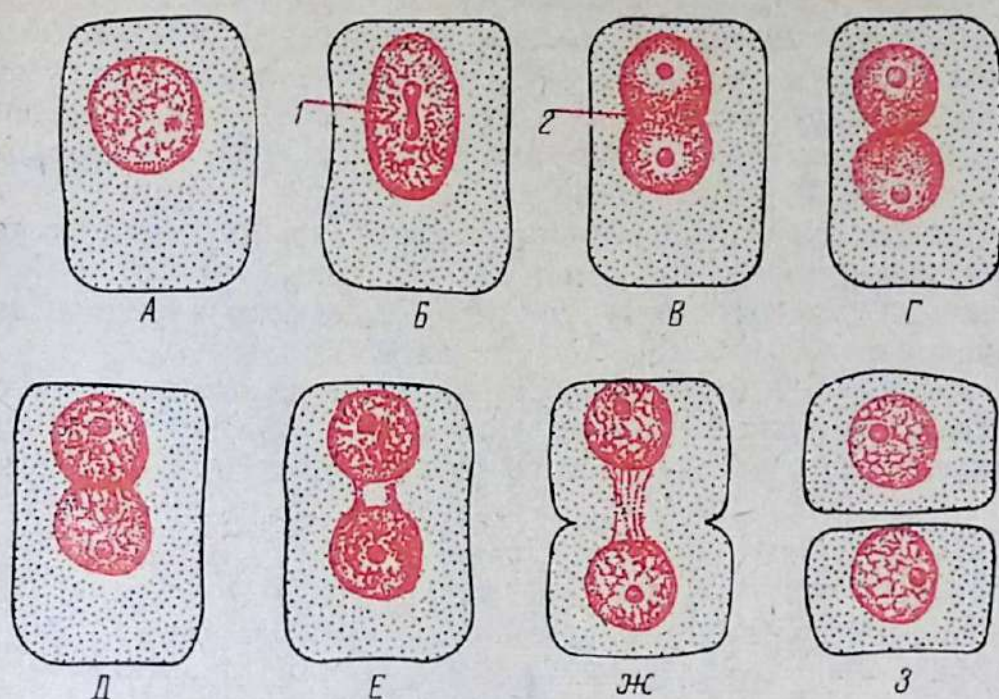


Рис. 11. Прямое (амитотическое) деление клетки:

А — неделяющаяся клетка; Б — перешнуровывание ядрышка; В — Ж — перешнуровывание ядра; З — деление материнской клетки на две дочерние.

ков, которые представляют собой дифференцированные клеточные структуры. Реснички короче жгутиков.

Мышечное движение осуществляется специальными сократительными элементами — миофибриллами, находящимися в мышечных клетках или мышечных волокнах.

Размножение клеток — важнейшее свойство живой материи. Если бы не было самовоспроизведения клеток, жизнь прекратилась бы. Размножение клеток осуществляется путем деления. В результате преобладания синтеза над процессом распада веществ объем клетки увеличивается быстрее, чем ее поверхность, и в силу этого снижается интенсивность обмена. В клетке происходит глубокая морфологическая и физико-химическая перестройка: сначала прекращается рост клетки, а затем происходит ее деление. После деления у новой клетки увеличивается доля активной поверхности, повышается уровень обменных процессов, возрастает жизненный потенциал — клетка омолаживается. Существует два основных типа деления соматических клеток: прямое (амитоз) и непрямое (митоз, или кариокинез).

Прямое деление (амитоз) — более простой способ размножения клеток. Невидимые в микроскоп сестринские хромосомы отталкиваются друг от друга и расходятся, что приводит к делению ядра. Ядрышко, а затем и ядро перешнуровываются и разделяются на две равные части, после этого делится и цитоплазма (рис. 11). Молекулы ДНК правильно распределяются между дочерними клетками. Образовавшиеся две дочерние клетки растут до размеров материнской. Бывает, что делится только ядро. Тогда образуется

многоядерная, иногда очень крупная клетка и даже симпласт — структура, которая состоит из цитоплазмы и нескольких рассеянных в ней ядер. Впоследствии симпласт может сразу разделиться на большое количество одноядерных клеток. Может происходить и отпочковывание. В процессе amitоза не нарушается функция клетки и не изменяются физические свойства цитоплазмы.

Простым делением размножаются клетки эмбриональных тканей при регенерации (восстановлении) тканей, когда требуется быстрое увеличение количества клеток. Amitоз чаще встречается у клеток специализированных тканей и в стареющем организме.

Непрямое деление (митоз, или кариокинез) — наиболее распространенный способ размножения клеток, при котором в ядре и цитоплазме происходят существенные изменения.

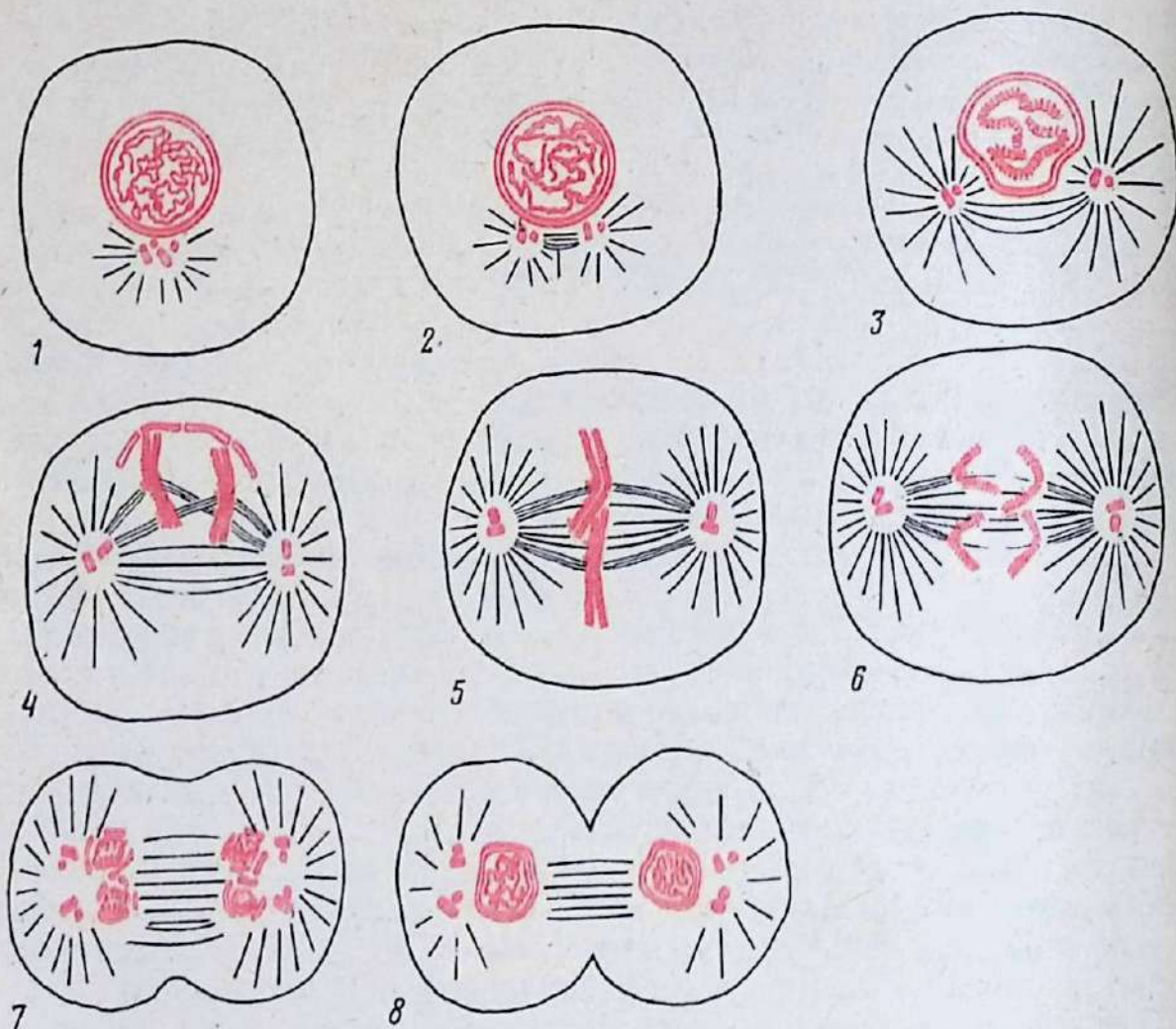


Рис. 12. Непрямое деление клетки (митоз):

1 — интерфаза: хромосомы имеют вид тонких длинных нитей; каждая из двух родительских центриолей находится в паре с маленькой дочерней центриолью; постепенно хромосомы удваиваются, центриоли начинают расходиться (2); 3, 4 — профаза: хромосомы свертываются в спираль и сильно уплотняются; ядерная оболочка и ядрышко распадаются, а центриоли расходятся и образуют полосы, к которым будут перемещаться хромосомы; в это же время образуются связи между центримерами и полюсами; 5 — метафаза: хромосомы располагаются по экватору; 6 — анафаза: после расщепления сестринские хромосомы направляются к полюсам; 7, 8 — телефаза: хромосомы раскручиваются, образуются ядерные оболочки и ядрышки дочерних клеток. Каждая центриоль дает новую центриоль. Клетка делится на две дочерние, которые вступают в интерфазу (1).

Биологический смысл митоза заключается в удвоении количества ДНК и в равномерном распределении парных молекул ДНК, заключенных в хромосомах, между вновь образующимися клетками. На основе морфологических изменений, происходящих в клетке, весь процесс митоза принято разделять на четыре стадии: профаза, метафаза, анафаза и телофаза (рис. 12).

Профаза — начало деления клетки. В этот период несколько снижается уровень обмена веществ, растворяются ядерная оболочка и ядрышко. Центриоли расходятся к противоположным концам клетки. Они соединяются между собой нитями, образующими форму веретена.

Метафаза — следующая стадия деления клетки. Генетический аппарат в этой стадии достигает полного развития и занимает до 50% клетки. В веретене хорошо различаются центральная и периферические части.

Между разошедшимися центриолями расположены в большинстве своем парные центральные хромосомы. К ним от центриолей тянутся короткие хромосомные нити. Сами хромосомы лежат в одной плоскости и имеют вид пластинки, поэтому данную стадию называют также фазой экваториальной пластинки.

Анафаза характеризуется тем, что веретено еще более вытягивается, из-за чего клетка удлиняется. Каждая хромосома вследствие натяжения нитей разделяется на две хроматиды. Последние становятся самостоятельными хромосомами и расходятся к своим полюсам.

Телофаза — заключительное деление клетки. В цитоплазме появляются токи к полюсам, в результате этого в клетке возникает перетяжка. Постепенно перетяжка истончается, и клетка разделяется на две дочерние. Хромосомы раскручиваются, включаются в обменные процессы и перестают быть видимыми под микроскопом. Из цистерн эндоплазматической сети образуется новая ядерная мембрана. В ядре появляется ядрышко, и молодая клетка снова начинает готовиться к делению.

Редукционное деление свойственно только половым клеткам. Материнская клетка при этом делится на две дочерние, причем в каждой из них оказывается не полный, а половинный набор хромосом. Созревшие клетки с половинным числом хромосом и способные к оплодотворению называются **гаметами**.

Неклеточные формы живого вещества. Наряду с клетками в тканях организма имеются еще неклеточные формы живого вещества: симпласты, синцитии, межклеточное вещество, коллагеновые волокна.

Симпласт представляет собой значительное скопление цитоплазмы с различным количеством в ней ядер; он не имеет клеточных границ (например, остеобласты, поперечнополосатые мышечные волокна).

Синцитий, или соклетие, — структуры, в которых цитоплазма одной клетки в виде отростка соприкасается с отростком другой клетки. Такое соединение клеток образует цитоплазматическую сеть, в перекладинах ее располагаются ядра.

Межклеточное, или основное, вещество состоит из рыхлого бесформенного вещества и различных волокон (ретикулиновых, коллагеновых, эластических). Бесформенное вещество заполняет пространства между клетками.

Коллагеновые волокна состоят из волокнистого белка — коллагена. Они сравнительно толстые и не анастомозируют между собой. Волокна имеют поперечную исчерченность: они располагаются или в разных направлениях, образуя рыхлую ткань, или параллельно друг другу, создавая плотную оформленную ткань.

На коллагеновых волокнах и в аморфном веществе имеется много нервных окончаний, посылающих в центральную нервную систему сигналы о состоянии натяжения этих структур.

Живое вещество, не имеющее клеточного строения, является постоянно развивающейся структурой, и, подобно клеткам, ей свойствен обмен веществ.

Форма соединения клеток может быть различной. В пограничных тканях, например в поверхностной части эпителия, клетки плотно соприкасаются краями друг с другом. Во многих тканях клетки соединяются с помощью отростков (межплазматических мостиков), которые переходят в цитоплазму соседних клеток без всяких граней, образуя различные структуры (симпласты, синцитии).

Ткань — это система гистологических образований (клеток и неклеточного вещества), характеризующаяся общим типом обмена веществ и общими морфофизиологическими свойствами. Ткани животных разделяют на четыре основные группы: эпителиальная, соединительная, мышечная и нервная.

Эпителиальная ткань, или эпителий, состоит из клеток, которые сплошным слоем покрывают тело с поверхности и выстилают внутренние полости. Эпителиальная ткань выполняет одну или несколько функций: защиты, всасывания, секреции. Ткань не имеет кровеносных сосудов, в ней отсутствуют неклеточные формы живого вещества, но она обильно насыщена нервными окончаниями.

Эпителиальные клетки питаются тканевой жидкостью, поступающей путем диффузии из нижележащей соединительной ткани, с которой эпителий соединен базальной мембраной (перепонкой).



Клетки эпителия сравнительно быстро отмирают и заменяются новыми. По характеру расположения клеток эпителий подразделяют на однослойный и многослойный.

Однослойный эпителий состоит из одного слоя клеток, расположенных на основной мембране. В зависимости от формы клеток его разделяют на плоский, кубический, призматический, цилиндрический (рис. 13).

Плоский однослойный эпителий располагается в виде пластинок правильной и неправильной формы. Он выстилает альвеолы легких, сетчатку глаза, кровеносные сосуды. Плоский однослойный эпителий серозных оболочек (плевра, брюшина и др.) называется мезотелием.

Однослойный кубический эпителий выстилает протоки многих желез и почечные каналы.

Однорядный призматический, или цилиндрический, эпителий состоит из одного слоя клеток призматической формы, которые имеют на свободном конце каемку (кутикулу). Он выстилает слизистую оболочку кишечника. Через каемку эпителия происходит всасывание переваримых питательных веществ из просвета кишечника.

Многорядный эпителий построен из удлиненных клеток; имеющих на своих концах специальные образования. В зависимости от вида образований различают мерцательный и каемчатый эпителий. Клетки мерцательного эпителия имеют на концах подвижные нити — реснички, которые своим движением способствуют удалению твердых или жидких инородных частиц (из органов дыхания и др.).

Многослойный эпителий разделяют на многослойный плоский и многослойный переходный.

Многослойный плоский эпителий образует эпидермис, выстилает слизистую оболочку глотки, пищевода, зоба, т. е. органов, функции которых связаны с механическим воздействием на них. Он состоит из четырех слоев: росткового (камбиального), зернистого, блестящего, рогового.

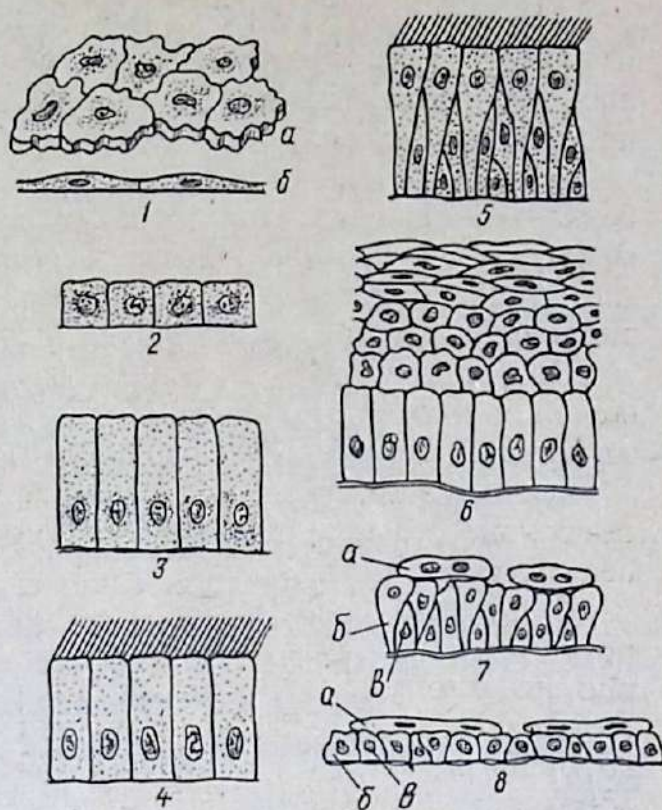


Рис. 13. Различные виды эпителия (Г. И. Азимов и А. П. Елисеев):

1 — однослойный плоский (а — общий вид, б — в разрезе); 2 — кубический; 3 — цилиндрический; 4 — цилиндрический мерцательный; 5 — многорядный мерцательный; 6 — многослойный плоский; 7 — переходный эпителий в состоянии растяжения и 8 — в состоянии сокращения (а — поверхностные клетки, б — низкие конические клетки, в — грушевидные клетки).

Ростковый слой располагается на поверхности соединительной ткани, в нем происходит рост и размножение эпителиальных клеток.

По мере того как в этом слое образуются новые клетки, старые клетки отторгаются от соединительной ткани и в них появляются зерна кератина (рогового вещества). Оттесненные клетки образуют второй слой — зернистый, или остистый. Затем цитоплазма этих клеток полностью заменяется роговым веществом и становится однородной. Так образуется третий — блестящий слой клеток. В дальнейшем клетки блестящего слоя отмирают и превращаются в чешуйки, которые составляют четвертый, так называемый роговой слой. Чешуйки рогового слоя отделяются в виде перхоти. Обычно у птиц перхоть образуется в меньшей степени, чем у животных, но в период линьки пера она отделяется в больших количествах.

При повреждении многослойного плоского эпителия клетки его быстро размножаются и рана заживает.

Многослойный переходный эпителий у птиц выстилает мочеточники и выводные мочевые каналы, защищая их стенки от воздействия мочи. Отличается он от многослойного плоского эпителия поверхностно лежащими неороговевающими клетками. Переходный эпителий также способен восстанавливаться (регенерировать) после повреждений.

Эпителий желез выстилает просвет желез и выполняет секреторную (выделительную) функцию железы. Клетки железистого эпителия синтезируют специальные вещества из питательных веществ, поступающих с кровью, и выделяют их во внутреннюю или внешнюю среду. Вещества, которые выделяют клетки, называются секретом, а процесс выделения этих веществ — секрецией. Секреторной способностью могут обладать весь эпителиальный пласт или отдельные клетки, чаще группа клеток. В большинстве случаев секретирующие клетки образуют специальный орган — железу.

Железы бывают одноклеточные или многоклеточные. К одноклеточным железам относятся, например, бокаловидные клетки; они расположены среди призматических клеток слизистой трахеи, бронхов, кишечника и вырабатывают слизь.

Многоклеточные железы разделяются на железы внешней секреции, которые выделяют секрет по выводным протокам на поверхность слизистых оболочек или кожи, и железы внутренней секреции, или эндокринные, не имеющие выводных протоков; образуемые ими вещества — инкреты (гормоны) поступают в кровь.

Железы внешней секреции, в свою очередь, разделяются на простые (неразветвленные) и сложные (разветвленные). Как те, так и другие могут быть трубчатыми, альвеолярными, трубчато-альвеолярными (рис. 14).

Соединительные, или опорно-трофические, ткани образовались из эмбриональной ткани — мезенхимы. В функциональном отношении они разделяются на следующие группы:

1) ткани, выполняющие защитно-трофическую функцию (мезенхима, кровь, лимфа, эндотелий, ретикулярная ткань);

2) ткани со смешанной функцией (рыхлая соединительная и жировая ткани);

3) ткани, осуществляющие опорную функцию (плотная соединительная ткань, хрящ и кость).

Опорно-трофические ткани нигде не соприкасаются с внешней средой, поэтому их называют еще тканями внутренней среды. Они содержат относительно мало клеток и большое количество межклеточного вещества.

Ткани, выполняющие защитно-трофическую функцию. Мезенхима — самая примитивная ткань, существующая только на ранних стадиях эмбрионального развития. Она образуется главным образом клетками мезодермы и частично эктодермы, заполняет пространства между зародышевыми листками. Мезенхима построена по типу синцития. В ячейках этой сети содержится студенистая масса — межклеточное вещество.

Кровь состоит из плазмы и находящихся в ней форменных элементов: красных кровяных клеток (эритроцитов), белых кровяных клеток (лейкоцитов) и кровяных пластинок (тромбоцитов).

Лимфа. В результате инфильтрации (просачивания) веществ плазмы крови через стенки мельчайших кровеносных сосудов (капилляров) в межклеточном пространстве образуется тканевая жидкость, которая омывает и питает клетки тканей. Тканевая жидкость, поступая в лимфатические сосуды, пополняется лимфоцитами и в незначительном количестве другими лейкоцитами. Такую жидкость называют лимфой.

Эндотелий выстилает стенки лимфатических и кровеносных сосудов, состоит из плоских эндотелиальных клеток. Клетки эндотелия обладают свойством пиноцитоза и фагоцитоза. Они могут захватывать из крови мельчайшие частицы и переваривать их. Эндотелий образует скользкую поверхность кровеносных сосудов и способствует продвижению крови внутри них.

Ретикулярная, или сетчатая, ткань состоит из клеток, имеющих звездчатую форму и соединяющихся между собой большими отростками по типу синцития. Ретикулярная ткань содержит бесструктурное межклеточное вещество, в цитоплазматических пе-

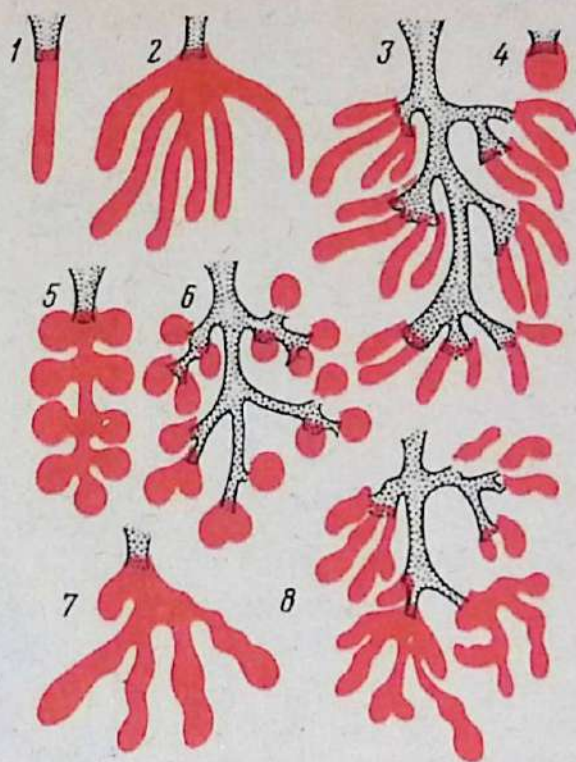


Рис. 14. Различные формы желез (А. Б. Немилов):

1 — простая неветвящаяся и 2 — простая ветвящаяся трубчатые железы; 3 — сложная трубчатая железа; 4 — простая альвеолярная и 5 — простая ветвящаяся альвеолярная железы; 6 — сложная альвеолярная железа; 7 — простая разветвленная трубчато-альвеолярная железа; 8 — сложная трубчато-альвеолярная железа (светлыми изображены выводные протоки).

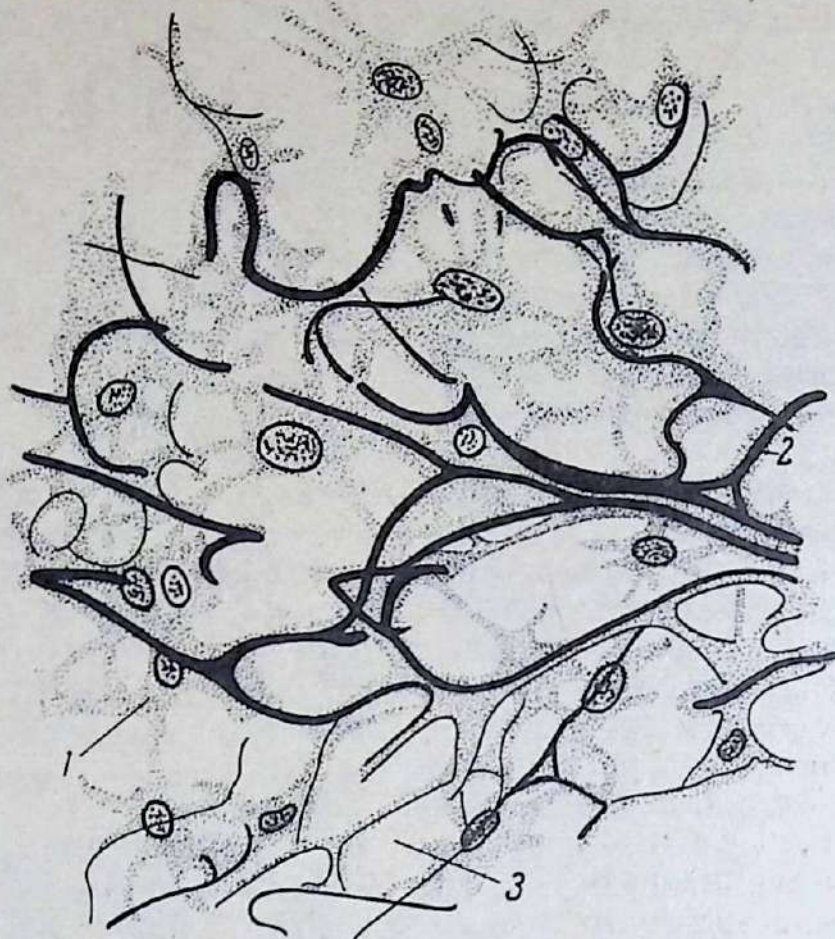


Рис. 15. Ретикулярная ткань (Шиффер):

1 — плазматический синцитий с ядрами в узлах; 2 — ретикулярное волокно; 3 — тканевая жидкость.

рекладинах ткани обнаруживаются ретикулярные волокна (рис. 15). Ретикулярная ткань является основной тканью красного костного мозга, лимфатических узлов, селезенки, т. е. кроветворных органов. Она входит в состав слизистой оболочки кишечника, дыхательных путей, органов размножения и некоторых других внутренних органов. В ней образуются эритроциты и лейкоциты.

Ретикулярная ткань мало дифференцирована и может при определенных условиях превращаться в другие виды соединительной ткани. Из ретикулярной ткани могут обособляться клетки, способные захватывать и переваривать не только микробы, но и отмирающие клетки организма.

Клетки ретикулярной ткани, способные к фагоцитозу, называются **макрофагами**.

Ретикулярная ткань и эндотелий кровеносных сосудов, а также **гистиоциты** (клетки рыхлой неоформленной соединительной ткани, способные к фагоцитозу) получили общее название ретикуло-эндотелиальной системы (РЭС). РЭС играет большую роль в кроветворении и тканевом обмене.

Ткани со смешанной функцией. Рыхлая соединительная ткань более дифференцирована, чем ретикулярная; она характеризуется тем, что

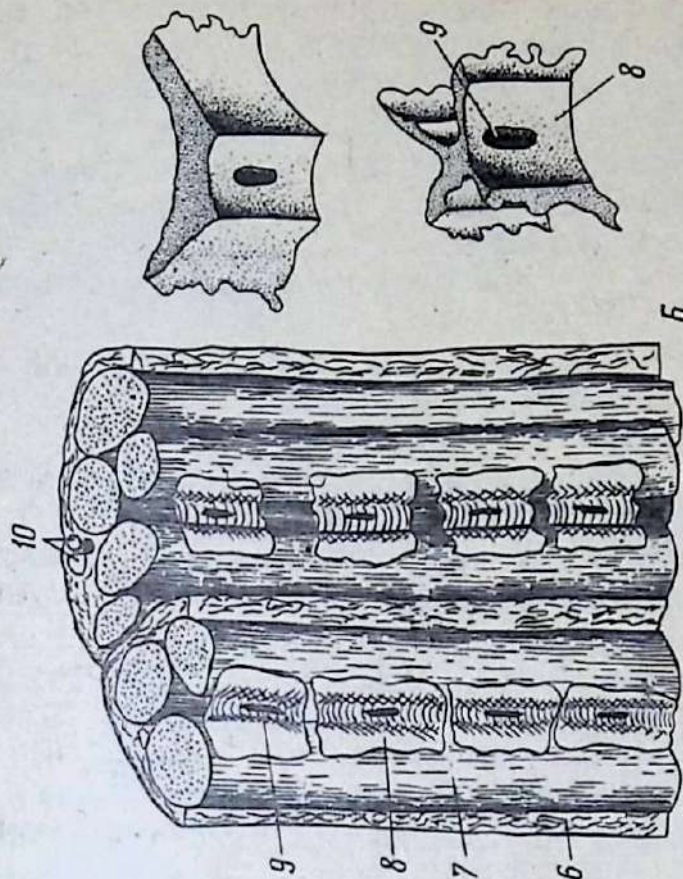
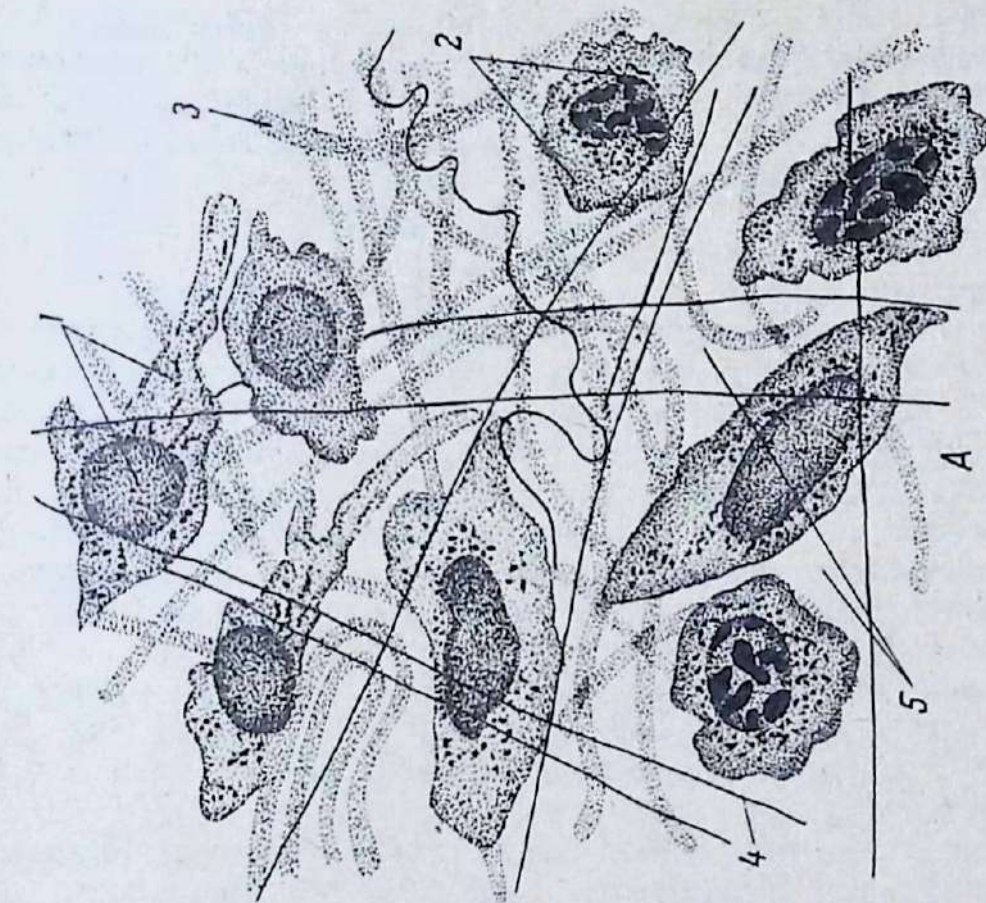


Рис. 16. Волокнистая соединительная ткань (А. В. Немилов):
 А — рыхлая и Б — плотная соединительные ткани; 1 — фибробласт; 2 — гистиоцит; 3 — collagenовые и 4 — эластические волокна; 5 — аморфное вещество; 6 — прослойка рыхлой соединительной ткани; 7 — пучки collagenовых волокон; 8 — крылатые клетки и 9 — их ядра; 10 — сосуды и нервы.

содержит относительно много клеток, а межклеточное вещество находится в аморфном состоянии (рис. 16). Это ткань внутренней среды, она всюду сопровождает сосуды и нервы, входит в состав всех органов, под кожей образует слой, называемый подкожной клетчаткой.

В рыхлой соединительной ткани имеются различные виды клеток: камбиальные, ретикулярные, фибробласты, гистиоциты, жировые, тучные, пигментные, плазматические.

Камбиальные клетки звездчатой формы располагаются преимущественно вокруг капилляров.

Фибробласты — производные камбиальных клеток, но более дифференцированы, не имеют ясной очередности. Они плоские, в центре несколько утолщены.

Гистиоциты — блуждающие клетки, или нефрофагоциты, на поверхности имеют отростки, с помощью которых они захватывают инородные частички, перемещают их в цитоплазму и переваривают. В отличие от фибробластов гистиоциты не связаны с межклеточным веществом.

Жировые клетки имеют относительно большой размер. Они заполнены капельками жира, которые занимают часть цитоплазмы, а ядро оттесняют к оболочке. Жировые клетки располагаются в одиночку или скоплениями, образуя жировую ткань.

Пигментные клетки содержат в цитоплазме коричневые, черные и другие пигменты. Они имеются в сосудистой оболочке глаза, а также в кожном покрове.

Тучные клетки, или клетки Эрлиха, неправильно округлой или удлинённой формы, всегда находятся в рыхлой соединительной ткани, встречаются в различных частях тела. Характерно то, что в их цитоплазме содержатся крупные базофильные зерна с гистамином, способствующим расширению кровеносных сосудов. Тучные клетки выделяют вещество типа гепарин, препятствующее свертыванию крови.

Плазматические клетки округлой формы содержат крупные глыбки хроматина. В периферической части цитоплазмы имеется большое количество гранул РНК (рибонуклеиновая кислота). Плазматические клетки выделяют белок — глобулин, принимающий участие в выработке иммунитета (невосприимчивости) организма.

Ткани, осуществляющие опорную функцию. Плотная соединительная ткань подразделяется на плотную оформленную коллагеновую и плотную оформленную эластическую.

Плотная оформленная коллагеновая ткань характеризуется тем, что ее промежуточное вещество состоит из пучков коллагеновых клейдающих волокон. Между пучками находятся сжатые клетки — фиброциты. Поэтому ткань имеет большую упругость и прочность. Она образует сетчатый слой кожи и является ее основой, придает прочность коже, образует сухожилия.

Плотная оформленная эластическая ткань участвует в образовании эластических, так называемых желтых связок (например, выйная связка). Главной составной частью ее являются эластические волокна.

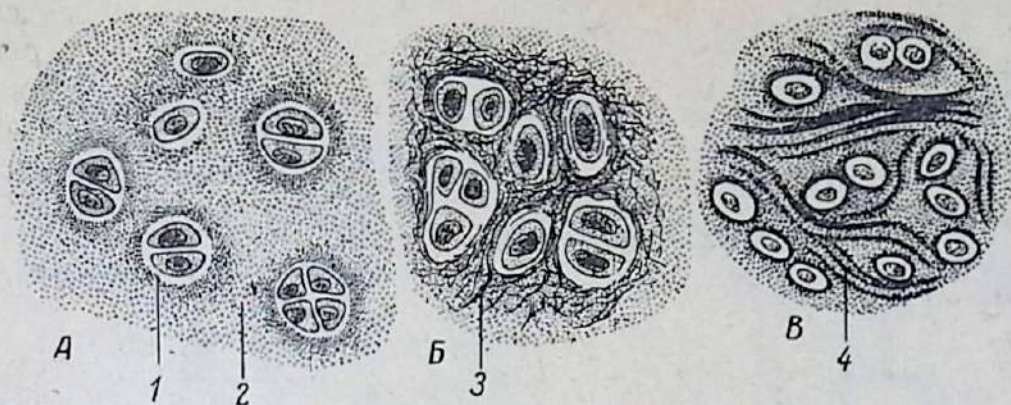


Рис. 17. Хрящевая ткань:

А — гиалиновый хрящ; Б — эластический хрящ; Б — волокнистый хрящ; 1 — клетка; 2 — межклеточное вещество; 3 — эластические и 4 — коллагеновые волокна.

Хрящевая ткань имеет различное строение. Выделяют три вида хрящей: гиалиновый, или стекловидный; эластический, или сетчатый; волокнистый, или соединительнотканый. Наиболее распространен в организме гиалиновый хрящ. Хрящевая ткань состоит из типичных округлых светлых хрящевых клеток (рис. 17). В бесструктурном межклеточном веществе его проходят плотные эластические, или коллагеновые, волокна. Хрящ располагается на трущихся поверхностях позвонков, костей и пр.

Костная ткань состоит из костных клеток звездчатой формы (остеоцитов) и межклеточного аморфного вещества, содержащего оссеиновые волокна и минеральные соли. Костная ткань прочна и упруга. В раннем возрасте костные клетки соединены между собой отростками. В дальнейшем отростки исчезают и на их месте образуются тонкие костные каналцы, по которым проходит тканевая жидкость, питающая костные клетки.

У взрослых птиц оссеиновые волокна располагаются равномерными пучками, в связи с чем кость приобретает правильное пластинчатое строение. Костные клетки расположены между пластинками. Система концентрически расположенных костных пластинок образует так называемый остеон, который является основным структурным элементом костей (рис. 18). По оси каждого остеона расположены гаверсовы каналы, анастомозирующие друг с другом. Группы остеонов объединяются в единую костную ткань с помощью вставочных пластинок.

В кости различают плотное (компактное) и губчатое вещества. В губчатом веществе костные пластинки расположены в различных направлениях. В нем происходит более активный процесс обмена фосфора и кальция, чем в компактном.

Наружный слой кости (плотный) состоит из костных пластинок, составляющих наружную общую систему пластинок. Внутренняя поверхность кости также выстлана слоем пластинок, образующих внутреннюю общую систему. В костных пластинках этой системы имеются мощные пучки коллагеновых волокон и широкие каналы, в которых проходят кровеносные сосуды и нервы. Эти каналы

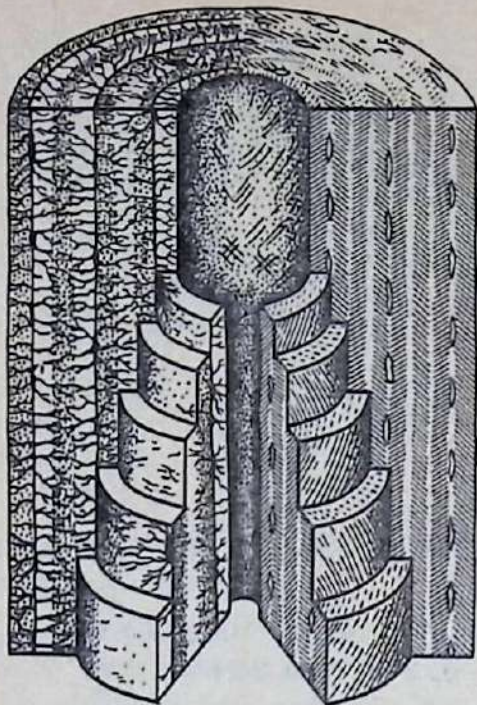


Рис. 18. Общий вид остеона:

слева — костные полости и каналы; *справа* — направление волокон в отдельных пластинках; *в центре* — вскрытый гаверсов канал.

пронизывают кость в радиальном направлении и соединяются системой гаверсовых каналов. Снаружи кость покрыта надкостницей, состоящей из соединительной ткани. У птиц костная ткань отличается большой плотностью, прочностью и относительно большим содержанием кальциевых и фосфорных солей.

Мышечная ткань. Основной особенностью мышечной ткани является ее способность к сокращению. Эту функцию выполняют особые сократительные волокна — миофибриллы, которые находятся в цитоплазме мышечных клеток или мышечных волокон. По строению и выполняемой функции выделяют три вида мышечной ткани: гладкую, скелетную и сердечную.

Гладкая мышечная ткань происходит из мезенхимы, состоит из мышечных клеток веретенообразной формы с одним ядром и

оболочкой (рис. 19). В цитоплазме этих клеток много нитей, но в пучки они не объединяются. Нити не имеют исчерченности. Гладкая мышечная ткань сокращается медленно и непроизвольно.

Поперечнополосатая мышечная ткань образует мышцы скелета и некоторых внутренних органов (глотки, языка). Она состоит из поперечнополосатых мышечных волокон, соединенных между собой специальными приспособлениями (рис. 20). Входящие в состав волокон миофибриллы имеют поперечную исчерченность, связанную с чередованием участков, неодинаково преломляющих свет. Диаметр мышечного волокна у цыплят в суточном возрасте 8,5—8,9 мкм, а в 120-дневном 46—57 мкм, у взрослых индеек 66—67 мкм; у уток и гусей диаметр мышечных волокон больше, чем у индеек и кур. Мышечное волокно одето тонкой бесструктурной оболочкой — сарколеммой. В саркоплазме, или цитоплазме, мышечного волокна имеется большое количество ядер, миофибрилл, а также различных органоидов.

Сердечная мышца (миокард) ритмично работает в течение всей жизни птицы. Предсердия и желудочки сокращаются одновременно, но согласованно между собой. Мускулатура сердца в некоторой степени автономна: сердце зародыша начинает сокращаться до вставания в нее нервных окончаний. В этой связи различают рабочие мышцы сердца и проводящие мышцы, обеспечивающие согласованное сокращение предсердий и желудочков.

Сердечная мышца состоит из мышечных клеток, имеющих

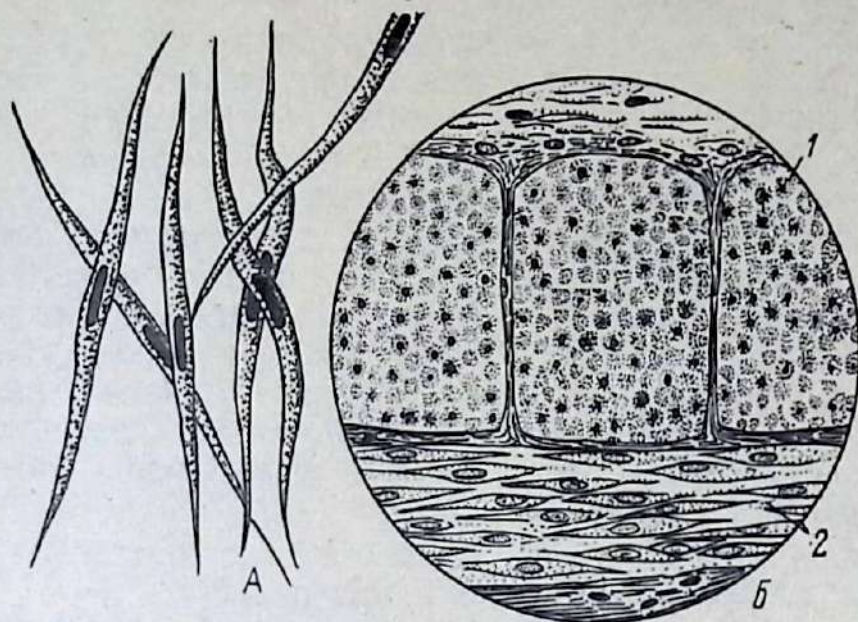


Рис. 19. Гладкая мышечная ткань:

А — изолированные клетки; Б — гладкомышечная ткань в поперечном (1) и продольном (2) разрезах.

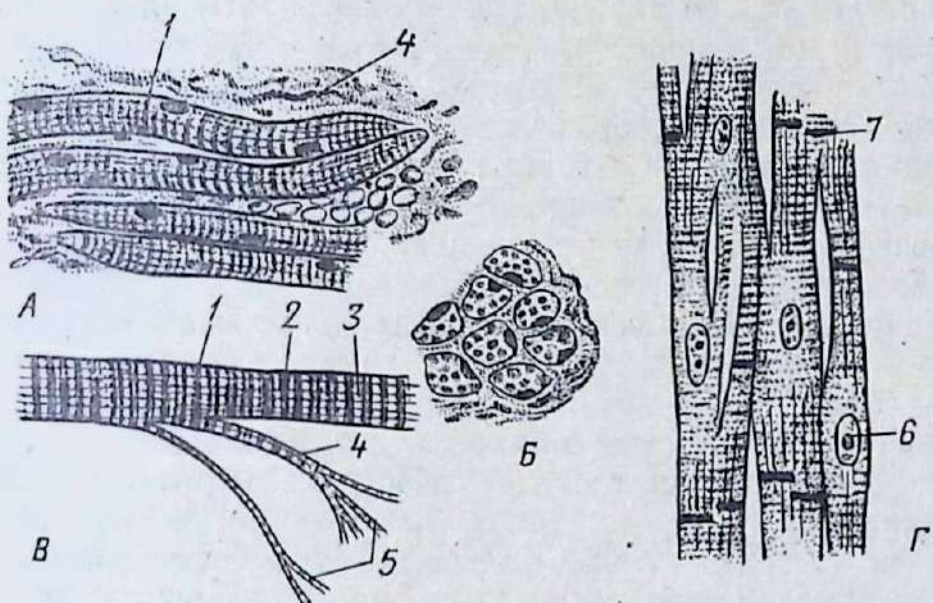


Рис. 20. Поперечнополосатая мышечная ткань:

А — продольный разрез; Б — поперечный разрез; В — расщепленное мышечное волокно; Г — волокна сердечной мышцы; 1 — волокно; 2 — темные и 3 — светлые диски; 4 — пучок миофибрилл; 5 — изолированные миофибриллы; 6 — ядро; 7 — вставочный участок.

поперечнополосатую исчерченность. Клетки содержат очень много саркоплазмы, богатой гликогеном, и относительно мало в них миофибрилл; между миофибриллами много митохондрий. Обилие саркоплазмы с наличием в ней энергетических веществ обеспечивает постоянное сокращение мышц — работу сердца. Продольная исчерченность мышечной ткани выражена резко, поперечная — слабо. Мышечные волокна состоят из отдельных одноядерных мышечных клеток, располагающихся цепочкой одна за другой.

Мышечные клетки соединены между собой специальным приспособлением в виде округлых или овальных бляшек, образующихся из утолщенных участков плазмалеммы соприкасающихся клеток. Между клетками имеются пластинки, которые были названы вставочными. Есть данные о том, что клетки, разделенные вставочной пластинкой, сокращаются с различной скоростью (И. Ф. Иванов). Это указывает на то, что вставочные пластинки в какой-то степени изолируют функции одной клетки от другой.

В сердечной мышце хорошо развита система поперечных трубочек (выпячивание плазмалеммы в толщу саркоплазмы).

Проводящие мышцы сердца состоят из мышечных тяжей, благодаря которым достигается последовательность сокращений предсердий и желудочков. Эта мускулатура отличается светлой окраской и неправильными очертаниями. Миофибриллы располагаются под некоторым углом одна к другой и перекрещиваются. Система трубочек (Т-система) развита слабо. Проводящие мышцы не способны к активному сокращению: они бедны митохондриями (саркосомами) и мало потребляют кислорода. Для сокращения проводящих мышц вполне достаточно кислорода, образующегося при расщеплении гликогена. Проводящие и рабочие мышцы сердца обильно иннервируются двигательными и чувствительными нервными волокнами.

Нервная ткань состоит из нервных клеток (нейронов), промежуточного вещества и клеток нейроглии. Нейроны составляют главную часть нервной системы и выполняют функцию проведения возбуждения, а клетки нейроглии служат опорой и выполняют трофические функции.

Нейрон — это высокоспециализированная нервная клетка, которая имеет ядро, тело (нейроплазму) и отходящие от нее короткие и один длинный отростки (рис. 21). Короткие отростки называются дендритами. По ним поступают нервные импульсы от места раздражения к телу клетки. Длинный отросток — нейрит (аксон) служит для передачи нервных импульсов от тела нейрона к клеткам.

Аксон (длинный отросток нейрона), идущий в составе нерва, называют нервным волокном. На конце аксона имеются разветвления — телодендрии. Большое число нервных волокон, заключенных в нервную оболочку из соединительной ткани, образует нерв или нервный ствол. Длина нейрона у млекопитающих животных может быть 1—1,5 м.

В теле нейрона (в нейроплазме) имеются органоиды, клеточный центр, комплекс Гольджи, митохондрии и специальные для нервной клетки органоиды — нейрофибриллы и тигроидное вещество

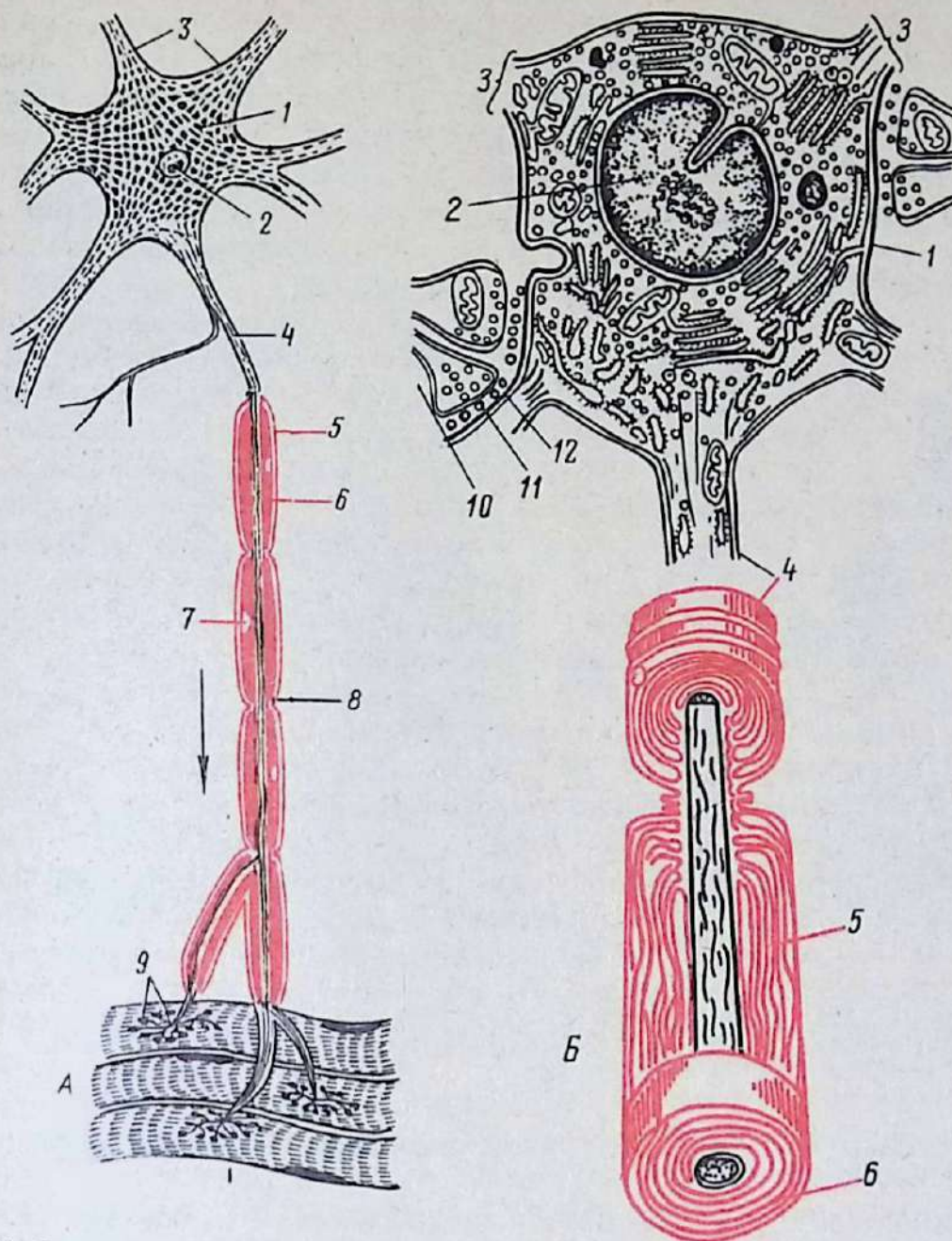


Рис. 21. Схема строения нейрона:

А — общий вид (стрелка показывает направление проведения нервного импульса); *Б* — части нейрона по данным электронной микроскопии; 1 — тело нервной клетки; 2 — ядро; 3 — дендриты-отростки, воспринимающие раздражение и передающие нервные импульсы к телу клетки; 4 — нейрит, или аксон, — отросток, передающий нервные импульсы от тела клетки; 5 — миелиновая, или миелиновая, оболочка; 6 — неврилема; 7 — ядро шванновской клетки; 8 — перехват Ранвье; 9 — нервное окончание; 10 — синапс; 11 — синаптический пузырек; 12 — постсинаптическая мембрана.

(глыбки, красящиеся основными красителями). Нейрофибриллы — это тонкие белковые нити в нервной клетке, участвующие в проведении нервных импульсов.

Передача информации в нерве и мышцах происходит путем изменения мембранного потенциала (напряжения мембраны клетки, когда она в состоянии относительного покоя). Эти изменения происходят в виде волны возбуждения, движущейся вдоль поверхности клетки от одного ее конца к другому. Распространяющийся потенциал,

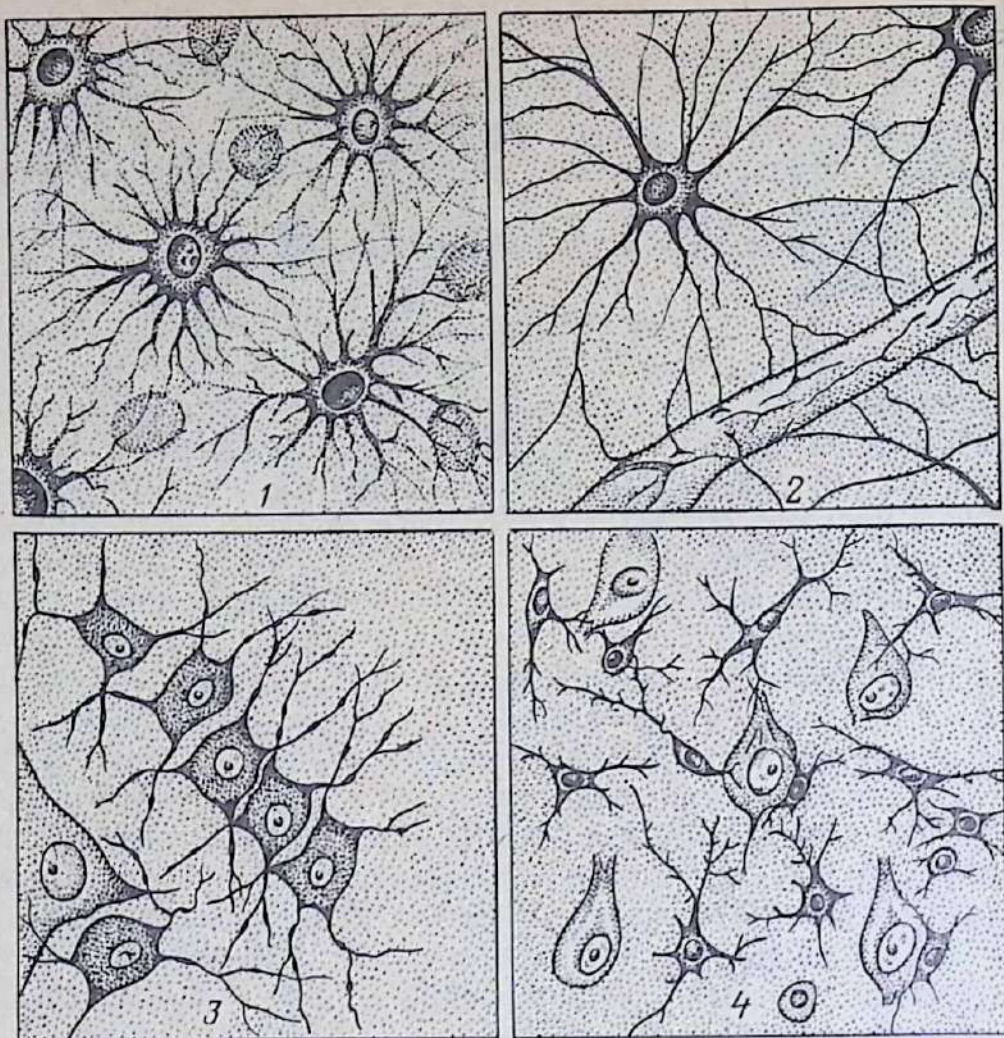


Рис. 22. Различные виды нейроглии (Рио-ортега):

1 — протоплазматические и 2 — волокнистые астроциты; 3 — олигодендроциты; 4 — клетки микроглии среди более крупных нейронов.

или потенциал действия, нервной клетки называется нервным импульсом.

В зависимости от строения оболочки различают нервные волокна мякотные и безмякотные.

Мякотные нервные волокна имеют относительно толстую оболочку из шванновских клеток. Нервное волокно внутри мякотной оболочки называется осевым цилиндром. Оболочка имеет два слоя. Внутренний слой шванновских клеток, содержащих жироподобное вещество миелин, образует миелиновую оболочку; внешний, более уплотненный — особую оболочку (неврилемму). Шванновская оболочка имеет по длине так называемые перехваты Ранвье. В местах перехвата нервного волокна миелиновой оболочки нет, оно покрыто только неврилеммой. Безмякотные нервные волокна имеют также шванновскую оболочку, но последняя лишена миелинового слоя. Клетки этой оболочки более вытянуты по длине осевого цилиндра.

Связь между нейронами осуществляется через синапсы — сложные образования, обеспечивающие переход возбуждения от одной

нервной клетки к другой. Передача импульсов происходит только в одном направлении. Благодаря синапсам в передачу возбуждения может вовлекаться большое количество нервных клеток.

Существование нейронов и выполнение ими физиологической функции возможны при наличии *нейроглии*. Она состоит из клеток разнообразной формы с отростками, которые выполняют вспомогательные функции — опорную и трофическую, нервных импульсов они не проводят (рис. 22). Нейроглия разделяется на два вида: макроглию, выполняющую в основном опорную функцию, и микроглию, осуществляющую защитную функцию.

По выполняемой функции нейроны делятся на *афферентные*, или чувствительные; *эфферентные*, или двигательные; *промежуточные*, или вставочные. Периферические отростки афферентных нейронов идут к различным тканям и там образуют чувствительные нервные окончания — *рецепторы*. Двигательные и секреторные нейроны своими окончаниями входят в мышцу или железу. Тела афферентных нейронов расположены в спинальных ганглиях и ганглиях головного мозга. С помощью экстерорецепторов и интерорецепторов они воспринимают раздражения, возникающие на периферии и внутри организма.

Орган, система и аппарат органов. Рассмотренные выше ткани — сложные образования. Например, в эпителиальной ткани находятся еще нервные волокна и их окончания; в опорно-трофической, кроме элементов нервной ткани, имеются кровеносные сосуды; в мышечной — нервные элементы, кровеносные сосуды и соединительная ткань. Но более сложно устроен орган. Он состоит из разных тканей, выполняющих различные функции.

Орган — это составная часть целостного организма, он имеет определенную форму, структуру и выполняет характерную для него функцию.

Орган птиц (сложного организма) состоит из: 1) основной функциональной ткани — паренхимы; 2) соединительной ткани, являющейся остовом органа; 3) сосудов, обеспечивающих доставку кислорода и питательных веществ к тканям и удаление конечных продуктов обмена; 4) двигательных нервов паренхимы и сосудов (симпатические) и нервов, обеспечивающих связь органа с организмом (парасимпатические). Наличие двойной обратной связи (функциональной и сосудистой) обеспечивает функционирование органа как части целого организма.

Органы, имеющие сходное строение и выполняющие одну общую функцию, составляют *систему органов* (например, нервная, сосудистая, костная, мышечная системы).

Органы, имеющие различное строение, но выполняющие общую функцию в организме, объединяются в понятие «*аппарат*» (например, аппараты движения, дыхания, питания, крово-лимфообразования). Для лучшего понимания закономерности связи отдельных органов следует выражать их массу и размер не только абсолютными величинами, но и в процентах к целостному организму.

О р г а н и з м — это исторически возникшая и существующая в условиях внешней среды целостная саморегулирующаяся живая структура с присущими ей основными проявлениями жизни. Организм и внешняя среда едины. Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен (И. М. Сеченов).

Организм состоит из отдельных систем и аппаратов органов. Функции отдельных органов взаимообусловлены и зависимы, как часть от целостного организма, а сам организм как единое целое зависит от строения и функции отдельных органов.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятий. 1. Ознакомиться с устройством микроскопа и правилами пользования им. 2. Изучить строение клеток и тканей. 3. Изучить плоскости тела птицы и топографические термины.

Материалы и инструменты: гистологические препараты, муляжи, таблицы, тушка убитой птицы, пинцеты, скальпели, препаровальные иглы, микроскоп, предметные и покровные стекла.

З а д а н и е 1. Устройство микроскопа и правила пользования им. Биологический микроскоп, использующий световые лучи, называется световым. С его помощью достигается увеличение объекта в 2000 раз. Кроме того, имеются электронные микроскопы, дающие увеличение до 100 тыс. раз и больше.

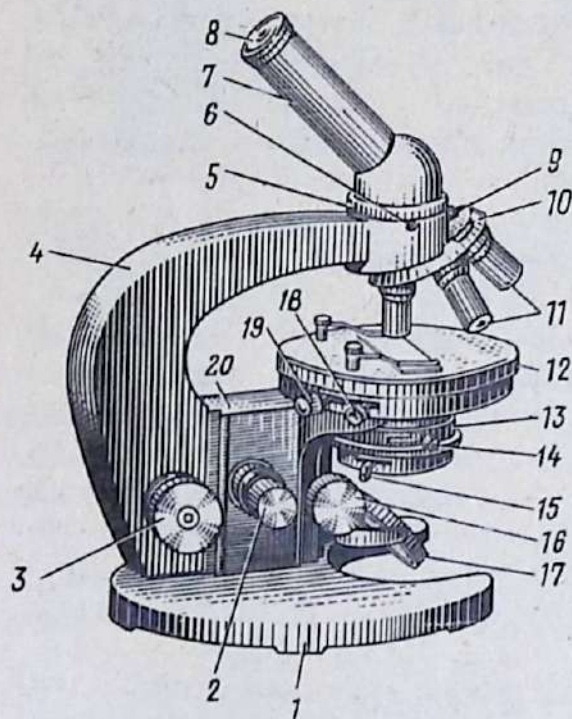


Рис. 23. Биологический микроскоп МРБ-1:

1 — башмак; 2, 3 — микровинты; 4 — тубусодержатель и 5 — его головка; 6 — винт для крепления тубуса; 7 — монокулярный тубус; 8 — окуляр; 9 — винт для крепления револьвера; 10 — револьвер; 11 — объектив; 12 — предметный столик; 13 — конденсор; 14 — стопорный винт конденсора; 15 — рукоятка ирисовой диафрагмы; 16 — винт перемещения конденсора; 17 — зеркало; 18 — центрировочный винт для установки препарата; 19 — стопорный винт верхней части столика; 20 — коробка с микромеханизмами.

Световой микроскоп состоит из двух основных частей: механической и оптической (рис. 23). Механическая часть состоит из основания и тубусодержателя с предметным стеклом. В тубусодержателе размещены механизмы: для грубой фокусировки — макровинт и для точной — микровинт. На нижнем конце тубуса укреплен револьвер с объективом. В тубус вставлен окуляр. В оптическую систему микроскопа входят окуляр, объектив, зеркало и осветитель (конденсор).

О к у л я р — это система линз в металлической оправе. Его вставляют в верхнюю часть тубуса. На окулярах есть отметки 7, 10, 15, 20, указывающие кратность их увеличения.

О б ъ е к т и в — наиболее важная часть в микроскопе. Это также система линз в металлической оправе. К микроскопу придано несколько объективов с различным увеличением. Объективы рассчитаны на определенную длину тубуса, их нельзя переставлять от одного микроскопа к другому.

Объективы бывают двух типов: сухие и иммерсионные. При просмотре препаратов через иммерсионные объективы их необходимо погружать в каплю кедрового масла или глицерина, нанесенного на препарат. Степень увеличения объекта данным микроскопом определяется умножением показателя объектива на показатель окуляра: например, объектив 90, окуляр 10, значит, микроскоп дает увеличение (90×10) в 900 раз.

З е р к а л о и к о н д е н с о р служат для освещения препарата. Конден-

сор — это двух- или трехлинзовая оптическая система с ирисовой диафрагмой. Он установлен в кронштейне и передвигается по вертикали посредством специального винта. Диафрагма представляет собой полукругно расположенные пластинки, заходящие одна за другую; при помощи рычажка эти пластинки можно сдвигать и раздвигать, увеличивая или уменьшая отверстие для прохождения лучей.

Настройка микроскопа указана в инструкции, имеющейся при нем. В основном она сводится к следующему. Вынутый из футляра микроскоп ставят на рабочее место зеркалом к источнику света. Искусственный осветитель устанавливают на расстоянии 25 см от микроскопа, чтобы пучок света падал на центр зеркала. Поворотом зеркала направляют свет в конденсор и фокусируют объектив малого увеличения на исследуемый препарат. Диафрагму конденсора открывают примерно на $\frac{2}{3}$ выходного отверстия объектива.

Исследовать препарат начинают через объектив малого увеличения. После нахождения фокуса и рассмотрения объекта поворачивают револьвер на более сильный объектив. Осторожно, чтобы не раздавить препарат и не повредить объектив, устанавливают макровинтом фокус сильного увеличения, а затем микрометрическим винтом отфокусируют объект. Когда препарат рассматривают с иммерсионным объективом (90), вначале находят интересное место. Затем поднимают тубус микроскопа, наносят на препарат каплю кедрового масла (или глицерина) и опускают тубус до тех пор, пока он не сомкнется с каплей масла. С помощью микровинта устанавливают фокус.

После работы микроскоп тщательно протирают чистой тканью и убирают в футляр. Иммерсионную жидкость с объектива удаляют марлей, смоченной в бензине или ксилоле. Объективы и окуляры хранят в специальных гнездах, имеющихся в футляре микроскопа.

Задание 2. Изучить строение клеток и тканей.

Методика изготовления гистологических препаратов. Чтобы изучить микроскопическое строение какого-либо органа или ткани, исследуемый объект нужно сделать прозрачным, а иногда в целях выявления отдельных структур его необходимо окрасить. Для изготовления гистологического препарата взятый образец необходимо фиксировать, обезводить, уплотнить, сделать тончайший срез, окрасить, а если нужно, сохранить препарат на длительное время, а то и законсервировать.

Исследуемый материал (мышечная ткань, кожа и т. д.) режут на мелкие куски и помещают в стеклянную банку с 10—20%-ным раствором формалина, который применяют в качестве фиксирующего вещества.

Выдержанные в формалине кусочки помещают на микротом (прибор с лезвием и замораживающим устройством для приготовления срезов). На микротоме можно получить срез толщиной до 1 мкм.

Срезы помещают на предметные стекла и окрашивают специальными красителями, после чего их просматривают под микроскопом.

Окрашенные препараты консервируют прозрачными застывающими смолами, их наносят на срез и покрывают покровными стеклами.

Микроскопическое строение клеток и тканей растений и животных. Для этих целей чаще используют удобный для наблюдения препарат, приготовленный из лука. Берут пинцетом тонкую прозрачную пленку лука, вырезают ее небольшую часть, наносят на предметное стекло каплю воды и в ней расправляют пленку препаровальными иглами. Под микроскопом видны резко очерченные клетки. При большом увеличении можно увидеть оболочку, ядро, ядрышко и мелкую зернистость в цитоплазме; прозрачная часть — клеточный сок.

Для ознакомления со строением животной клетки следует использовать окрашенные гистологические препараты из наборов, специально изготавливаемых для учебных целей, или приготовленные самими.

Препарат однослойного плоского эпителия из брыжейки. Берут часть только что отпрепарированной брыжейки птицы, растягивают ее на предметном стекле и помещают на 15—30 мин в 0,5%-ный раствор азотнокислого серебра. Затем переносят в дистиллированную воду и выдерживают 1—2 дня на рассеянном свете. Брыжейка принимает слабо-коричневую окраску. Препарат окрашивают гематоксином, обезживают спиртом и для просветления обрабатывают ксилолом. Препарат покрывают покровным стеклом и просматривают под малым увеличением микроскопа. В поле зрения видны клетки, очерченные извилистыми линиями (черные линии — межклеточные щели, заполненные металлическим серебром), и ядра.

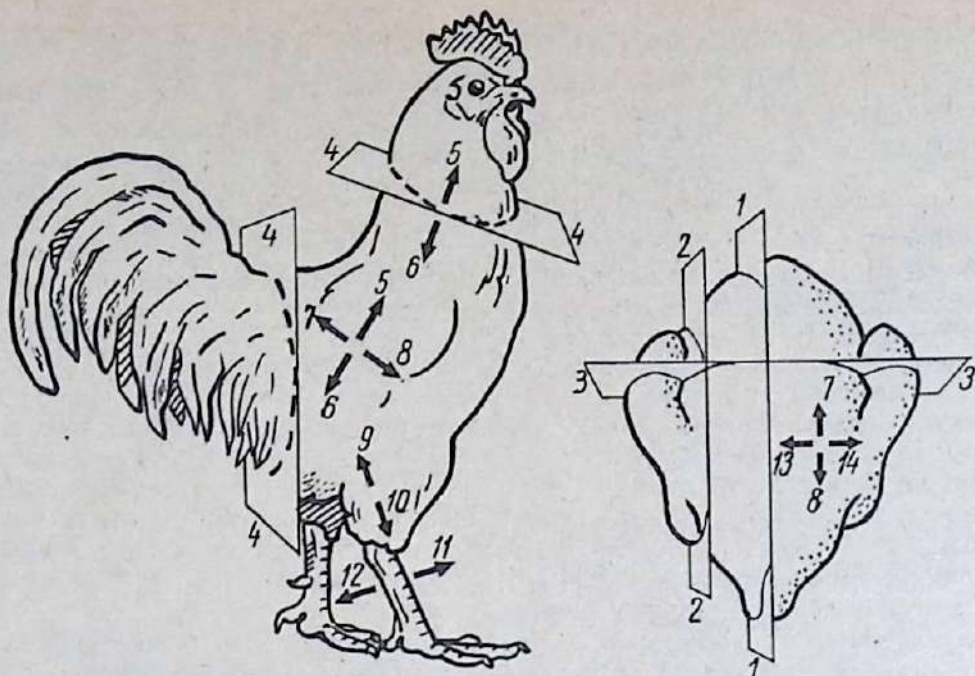


Рис. 24. Плоскости тела и направления расположения органов:

плоскости: 1 — средняя сагиттальная; 2 — боковая сагиттальная; 3 — фронтальная; 4 — сегментальная; направления: 5 — краниальное (черепное); 6 — каудальное (хвостовое); 7 — дорсальное (спинное); 8 — вентральное (брюшное); 9 — проксимальное; 10 — дистальное; 11 — дорсальное на конечностях; 12 — плантарное; 13 — медиальное; 14 — латеральное.

Препарат многослойного плоского эпителия готовят из среза кожи или стенки пищевода курицы. При большом увеличении можно увидеть отдельные слои эпителия.

Препарат однослойного каемчатого эпителия из среза стенки кишечника. При микроскопии видны призматические клетки, обращенные к просвету кишки, в которых имеются каемка (кутикула) и капиллярные отверстия (лимфатические протоки). Между ними располагаются бокаловидные клетки — одноклеточные железы, вырабатывающие слизь.

Препарат плотной соединительной ткани готовят из сухожилий задних конечностей. Видны коллагеновые волокна, расположенные плотно и параллельно; между ними ядра фибробластов, гистиоцитов, макрофагов.

Препарат декальцинированной трубчатой кости. На поперечном срезе видны светлые пятна (гаверсовы каналы), а вокруг них костные клетки, из которых образуются костные пластинки, на наружной поверхности лежат общие пластинки.

Препарат гладкой мышечной ткани готовят из мышечного слоя пищевода курицы. На поперечном срезе видны кольцевой и продольный слои мышц с характерным клеточным строением.

Препарат рыхлой соединительной ткани готовят из наружного слоя пищевода, включая подслизистый слой.

Задание 3. Плоскости тела и направления. Для лучшей ориентировки в расположении органов используются плоскости, которыми мысленно рассекают тело птицы (рис. 24). Воображаемая плоскость, проведенная вертикально по середине тела птицы от клюва до хвоста и рассекающая тело на две равные половины, называется срединной (медианной) или сагиттальной плоскостью. Направление того или другого органа в сторону срединной плоскости (внутри) называют медиальным, а направление от плоскости наружу в боковую сторону — латеральным.

Плоскости, делящие тело на верхнюю и нижнюю части (спинную и брюшную), назы-

ваются фронтальными. Сегментальные плоскости делят тело на отдельные сегменты.

Топографические термины: краниальный — обращенный к черепу (передний); каудальный — обращенный к хвосту (задний); оральный — обращенный ко рту; назальный — обращенный к носу (на черепе); аборальный — обращенный в противоположную сторону от рта; дорсальный — обращенный к спине (верхний спинной); вентральный — обращенный к животу (нижний брюшной); проксимальный — ближайший к осевому скелету, верхний (на конечностях); дистальный — отдаленный от осевого скелета, нижний (на конечностях); медиальный — средний (ближайший к срединной или сагиттальной плоскости); латеральный — боковой (направленный в сторону от срединной плоскости); волярный — ладонный (в применении к крыльям); плантарный — подошвенная поверхность на тазовой конечности.

Кожный покров и его производные

Кожа. В отличие от млекопитающих кожа птиц более тонкая, имеет хорошо развитый подкожный слой и образует складки, что придает ей большую подвижность.

В коже птиц выделяют три слоя: эпидермис, дерму (собственно кожу) и подкожный слой.

Эпидермис — очень тонкий (десятки микрометров) наружный слой. В нем различают ростковый, или глубокий, слой, состоящий из размножающихся клеток, и роговой, или поверхностный.

Ростковый слой имеет несколько рядов эпителиальных клеток, в которых происходит деление и образование новых клеток.

Роговой слой состоит из нескольких рядов сплюснутых клеток, в них нет ядер или содержатся только их остатки. Он образует чешуйки, которые слущиваются, особенно в период линьки.

Собственно кожа, или дерма, — очень тонкий слой, содержащий коллагеновые волокна, большинство которых направлено горизонтально и переплетается, пластинок не образует. У птиц в дермальном слое участков тела, покрытых перьями, имеются сосочки — микроскопические выросты с кровеносными капиллярами и нервными окончаниями (рис. 25).

Эпидермис и собственно кожа связаны коллагеновыми пучками, фибриллы которых проникают в слой эпидермиса. В дерме различают поверхностный слой, так называемый подэпидермальный, в котором расположена густая сеть кровеносных сосудов и тонких соединительнотканых волокон, и глубокий слой, где коллагеновые пучки более плотные.

На границе с подкожным слоем располагаются эластические волокна. К ним одним концом с помощью сухожилий, состоящих из коллагеновых фибрилл, прикрепляются гладкие мышцы контурных перьев. Другие концы мышц крепятся к перьевым мешочкам, по четыре мышечных пучка к каждому. Эти мышечные пучки образуют сеть хорошо развитых гладких мышц, которые поднимают и опускают контурные перья. Маховые и рулевые перья снабжены поперечнополосатыми мышцами, прикрепляющимися к костям скелета. Покровные, или контурные, перья соединены друг с другом гладкими мышцами, причем каждое контурное перо соединяется с шестью смежными перьями. В движении перьевого покрова участвуют и поперечнополосатые подкожные мышцы, расположенные в грудной и брюшной областях.

Подкожная ткань, или гиподермис, у птиц хорошо развита. Она рыхло соединяет основу кожи с мышцами, поэтому кожа свободно собирается в складки. В подкожном слое имеются прослойки жировой ткани различной толщины.

Рис. 25. Срез латерально-каудальной неоперенной части кожи 150-дневного петушка породы белый леггорн (Р. Б. Евинг):

1 — мышцы тела; 2, 3 — дерма (А — тонкий эластический слой В — глубокий слой: а — компактный, б — рыхлый, В — поверхностный слой); 4 — эпидермис (Г — ростковый, Д — роговой слой); 5 — плотная соединительная ткань; 6 — ядро эндотелиальной клетки; 7 — капилляры синуса; 8 — ядро мышечной клетки капилляра; 9 — эритроциты; 10 — аптериальная мышца (поперечное сечение).

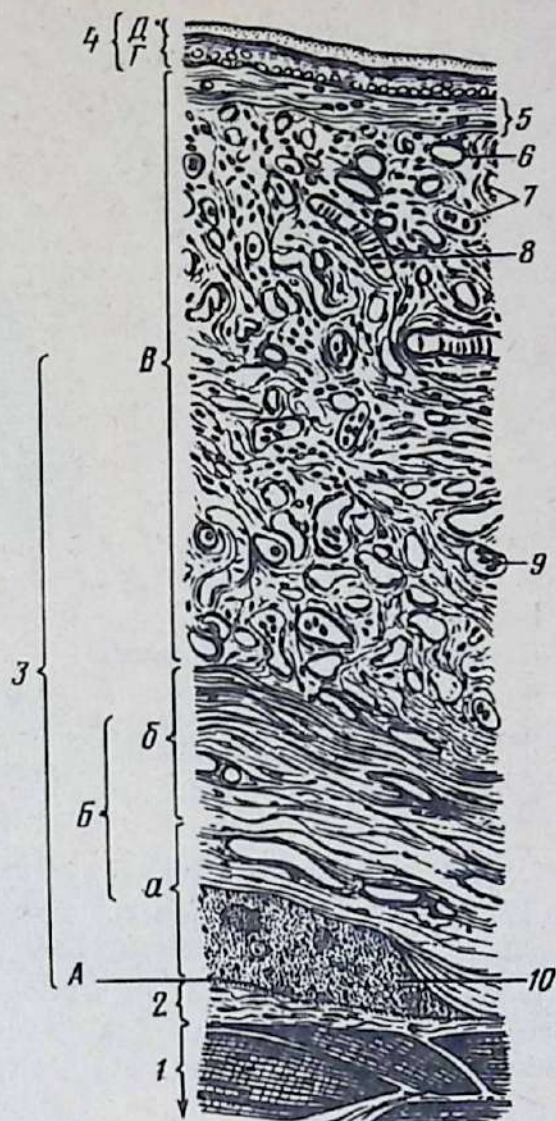
Наиболее мощная жировая ткань образуется у гусей и уток в период интенсивного откорма.

Кожа ног у птиц в большинстве случаев ороговевшая, чешуйчатая, не имеет оперения.

В коже птиц имеются свободные и несвободные нервные окончания. Несвободные нервные окончания имеют вид инкапсулированных клубочков и телец разной формы. Длина инкапсулированных нервных окончаний колеблется от 60 до 640 мкм. У курицы насчитывается около 4000—4400 инкапсулированных окончаний (Ю. Т. Техвер). Наибольшее количество инкапсулированных окончаний (чувствительных) обнаруживается в области верхнего подклювья, в местах кожи, подвергающихся сильному растяжению, в проксимальной части плюсны, в мякише. Свободные окончания находятся во всех участках кожи.

Иннервация перьев осуществляется нервными сплетениями, расположенными под эпидермисом.

Копчиковая железа. Одна из особенностей строения кожи птиц заключается в том, что по всей ее поверхности нет потовых и сальных желез. Есть только одна железа — копчиковая, представляющая собой скопление видоизмененных сальных желез (рис. 26). Она находится под кожей в области хвостовых позвонков, состоит из двух долек овальной или округлой формы. Железа имеет сложное трубчатое строение. Железистые трубки ее выстланы одним или несколькими слоями кубических или призматических клеток, продуцирующих жироподобный секрет, который изливается в просвет железистых трубок, оканчивающихся маленькими резервуарами. От последних идут выводные протоки (у уток их два) к поверхности кожи. Они выходят своими концами под перьевым покровом в области последнего хвостового позвонка, где имеется утолщение в виде сосочка, покрытого кисточкообразными перышками. Устье сосочка выстлано многослойным эпителием.



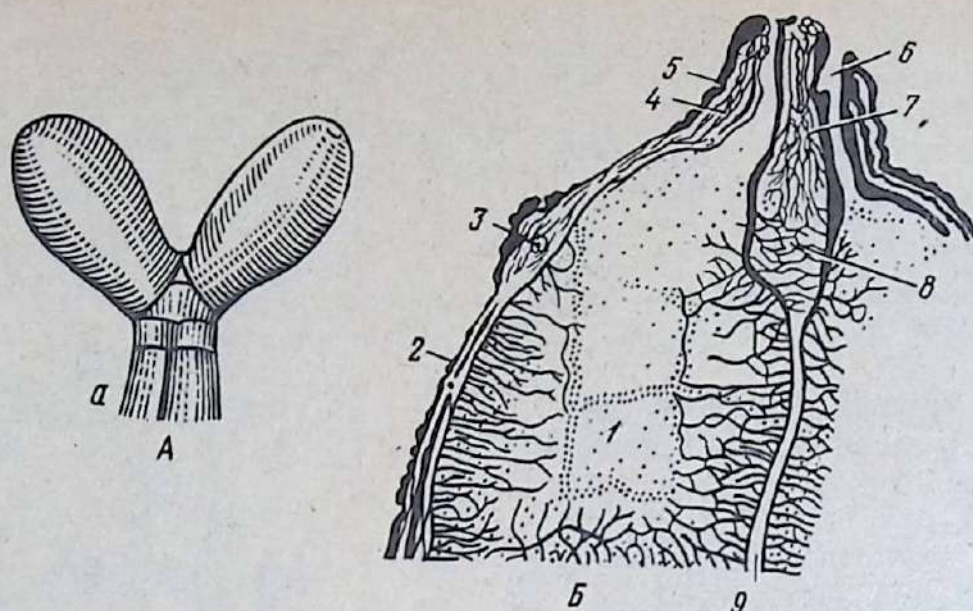


Рис. 26. Копчиковая железа:

А — общий вид железы утки (а — пучок перьев у выводных протоков); Б — разрез железы петуха; 1 — полость железы; 2 — железистая ткань; 3 — разрезанная перьевая сумка; 4 — круглая гладкая мышца; 5 — бородавка; 6 — выводные протоки железы; 7 — продольная мускулатура; 8 — жировая (многовакуольная) ткань; 9 — перегородка между обеими железами.

В состав секрета железы входят вода, белок, нуклеиновые и жирные кислоты, лецитин. Поэтому его нельзя считать продуктом распада ее клеток, это специфический секрет железистых клеток. Секрет из железы выделяется в выводной проток под давлением кольцевой мускулатуры или от захвата сосочка клювом. Смазка секретом железы у водоплавающих птиц перьев и кожи предохраняет их от влаги, облегчает скольжение по воде.

Производные кожи. К ним относятся перья, гребень, мочки, сережки, кораллы, когти, клюв (роговой чехлик).

Перья. Перо начинает развиваться на седьмой день эмбрионального развития. Из клеток мезенхимы образуется сосочек, над ним утолщается слой эпидермиса — это перьевой зачаток (рис. 27). В коже, окружающей сосочек, появляется углубление — начало перьевой сумки. Затем перьевой зачаток разделяется, в сосочек врастают кровеносные сосуды, и постепенно из эпителиального слоя клеток, имеющих призматическую и уплощенную формы, образуется мякоть пера. Из уплощенных клеток формируется также чехольчик пера. Под чехольчиком мякоть утолщается, ороговевает, принимая форму короткого ствола, на котором располагаются лучи первого порядка, образуя эмбриональный пух. Как только цыпленок вылупляется из яйца, чехольчик отпадает и становится хорошо видимым эмбриональное пуховое перо. С ростом цыпленка пуховое перо заменяется постоянным, которое имеет более развитый стержень и бородачки, размещенные не на вершине, а по боковой поверхности стержня.

Сформировавшееся перо состоит из ствола, стержня и опахала. Нижняя часть ствола от опахала называется очинком. Он блестящий,

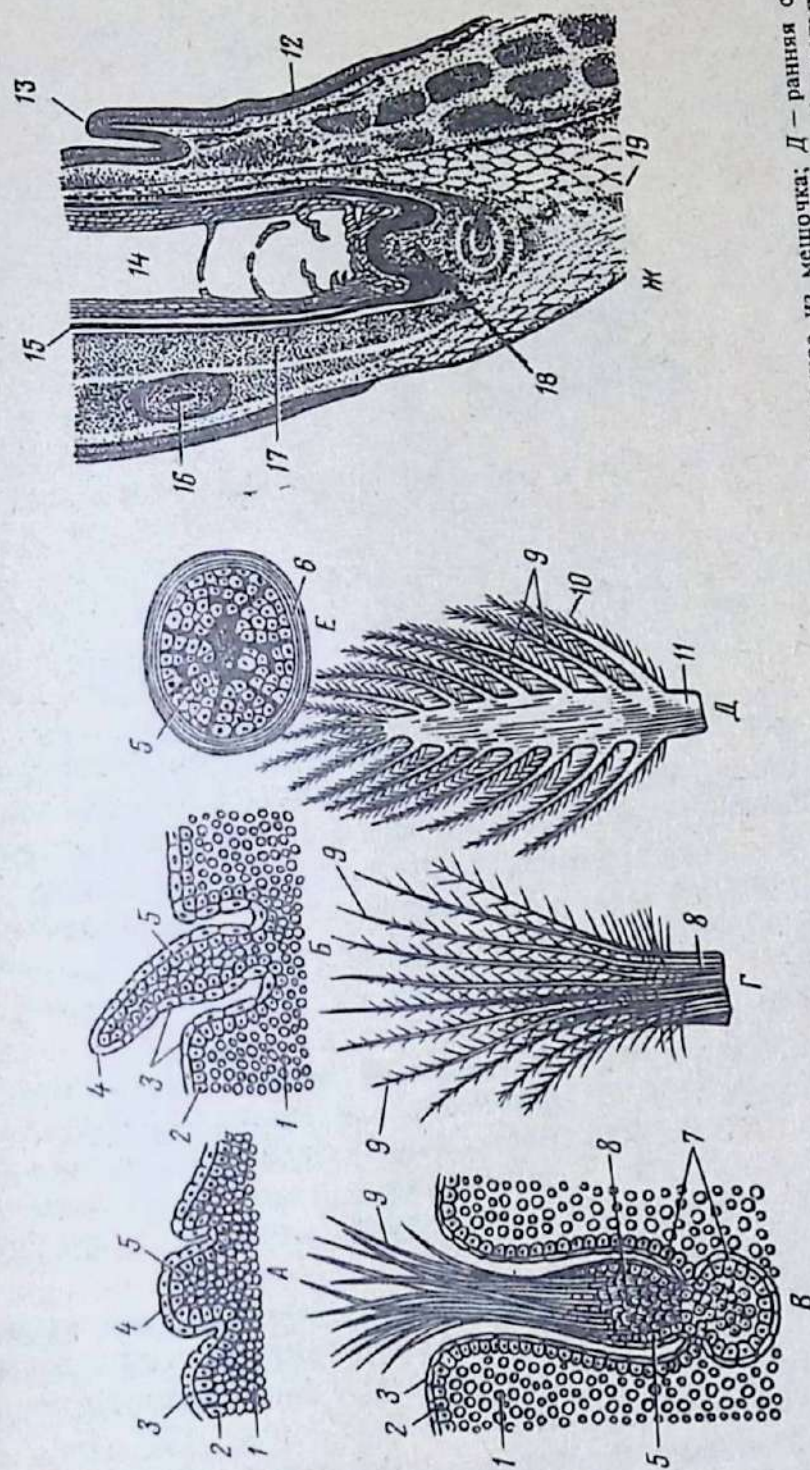


Рис. 27. Развитие пера:

А, Б, В — три стадии образования пера; Г — пуховое эмбриональное перо, освобожденное из мешочка; Д — ранняя стадия строения окончательного пера; Е — поперечный разрез через зачаток пера; 1 — соединительная часть кожи; 2 — мальпигиев слой кожи; 3 — роговой слой; 4 — зачаток пера (сосочек); 5 — выросты мальпигиева слоя в зачатке пера; 6 — чехлик зачатка пера; 7 — мешочки пера; 8 — ствол перьевой сумки; 9 — лучи первого порядка; 10 — лучи второго порядка; 11 — стержень; 12 — эпидермис; 13 — кожная ресничка; 14 — полость очина с высокими сосочками; 15 — влажная ткань (Фибригер); 16 — осязательные тельца; 17 — гладкие мышцы пера; 18 — сосочки; 19 — жировая ткань (Траутман — Фибригер).

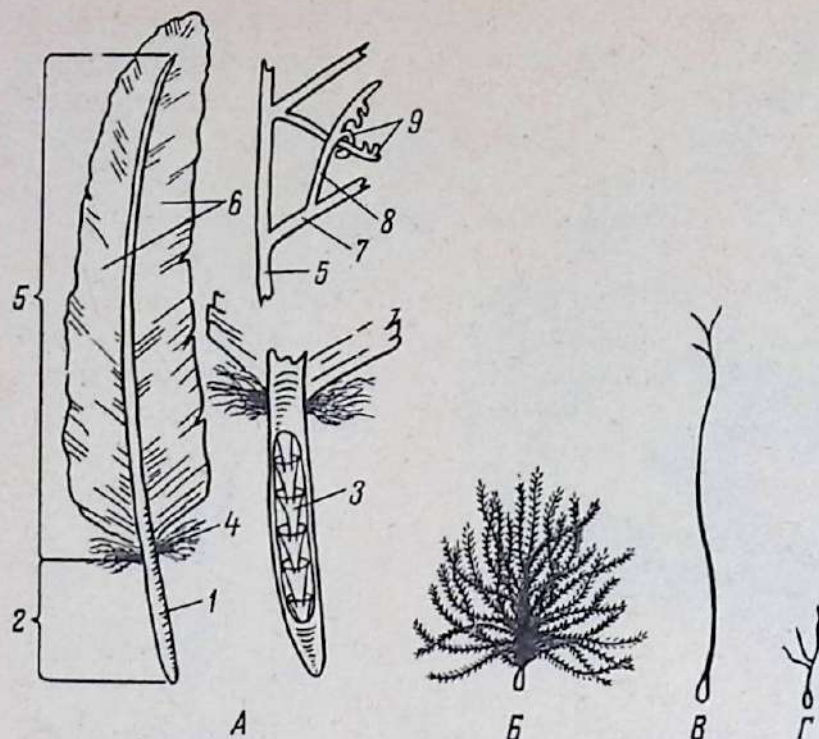


Рис. 28. Строение пера:

А — контурного; Б — пухового; В — нитевидного; Г — кисточкового; 1 — очин; 2 — ствол; 3 — дужки; 4 — паховая часть опахала; 5 — стержень; 6 — опахало; 7 — лучи первого порядка; 8 — лучи второго порядка; 9 — реснички и крючочки.

роговидный, округленный, имеет сердцевину в виде отдельных воронок, входящих одна в другую. Нижняя часть очина помещается в коже, в перьевой сумке (мешочек пера), и соединяется с перьевым сосочком, который входит в очин через его нижнее отверстие и питает перо. Другое отверстие очина (верхний пупок), оставшееся в сформированном пере в виде углубления, помещается у основания стержня на внутренней стороне. В этом месте отходит побочный стволик с пуховым или полупуховым опахалом (рис. 28).

Часть ствола от очина до вершины пера называется стержнем или стеблем. Он наполнен твердой губчатой массой, имеет овальную или граненую форму. От стержня идут симметрично лучи первого порядка, а от них лучи второго порядка, имеющие крючочки и реснички. Крючочки и реснички сцепляются и образуют опахало — плотную упругую пластинку пера.

У различных видов птиц количество лучей первого и второго порядка различно: у кур 16—19, у уток 11—23, у гусей 14—30. У гусей диаметр лучей первого порядка почти в 2 раза больше, чем у кур (соответственно 62 и 37 мкм). Удельный вес пера кур 0,57, гусей 0,36, уток 0,52.

В зависимости от строения и формы опахала различают перья: контурные, пуховые, нитевидные, кисточковые, щетинки.

Контурные перья составляют основную массу оперения. Все они имеют твердый стержень и плотное опахало. К контурным перьям относятся кроющие, маховые, рулевые.

Кроющие перья несколько выпуклые и плотно прилегают друг к другу. В зависимости от расположения на теле различают кроющие перья шеи и гривы, спины, плеча, зоба, груди, поясницы, нижней части туловища (хлупа), голени («штаны»), хвоста и крыла.

Маховые перья длинные, упругие и плотные. Они прикрепляются к области кисти и предплечья, имеют форму вытянутой овальной пластинки и несколько изогнуты по контуру тела. Перья, расположенные в области костей второго и третьего пальцев, называются большими или перьями первого порядка (10—12); у них прочно развито асимметричное опахало. Маховые перья, прикрепленные к дорсальной стороне локтевой кости, называются малыми или перьями второго порядка. Перья, прикрепленные к первому пальцу (3—4), образуют крылышко.

Рулевые перья (10—12) имеют прямое опахало и на конце изогнуты в сторону, а у индюков расширены. Они прикрепляются в области хвостовых позвонков и образуют хвост.

Пуховые перья состоят из тонкого стержня и опахала с непрочными соединенными бородками. Пуховые перья расположены под контурами. Они мелкие и служат для защиты от холода. Особенно много пуха у уток, гусей в нижней части туловища (область хлупа). От соотношения количества кроющих перьев и пуха зависят плотность оперения и теплоизоляция.

Нитевидные, или нитчатые, перья имеют тонкий длинный стержень, а на конце несколько лучей без ресничек и крючков. Такие перья расположены на голове, шее, а у индюков на груди в виде пучка.

Кисточковые перья имеют тонкий ствол и слабо сцепленные бородки.

Щетинковые перья состоят только из ствола, располагаются у основания протока копчиковой железы и клюва.

Птицы различаются длиной перьев и соотношением длины очина к опахалу. У кур перья длиннее, чем у гусей. Контурные и пуховые перья у гусей и уток особенно плотно прилегают к туловищу и тем самым предохраняют кожу от проникновения воды и охлаждения организма. У здоровой птицы перо гладкое и блестящее. Участки кожи, покрытые пером, называются *птерилиями*, а свободные от перьев — *аптериями*.

Гребень — кожное образование, состоит из эпидермиса и подэпидермального слоя, в последнем расположены многочисленные кровеносные лакуны — расширения, обуславливающие цвет гребня, коллагеновая пластинка и жировые клетки, а также большое количество нервных окончаний (рис. 29). Развитие эластического слоя и подэпидермальных лакун стимулируется мужским половым гормоном. По форме гребни бывают розовидные, листовидные, стручковидные, валиковидные и др. По цвету гребня (ярко-красному или бледному) можно в некоторой степени судить о состоянии здоровья птицы; бледный гребень чаще всего отмечается у птиц к концу яйцекладки или при заболевании.

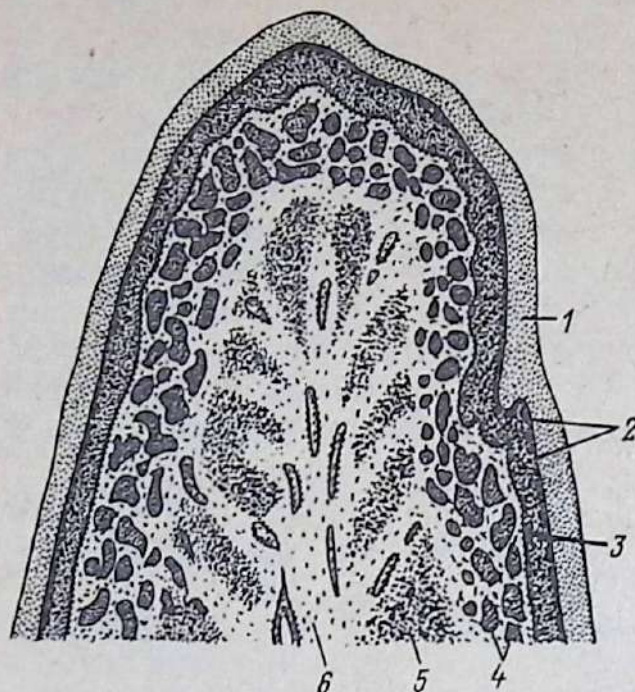


Рис. 29. Поперечный разрез гребешка петуха (Траутман-Фибигер):

1 — роговой слой эпидермиса; 2 — блестящий слой; 3 — зародышевый слой; 4 — ретикулярный слой кожи с синусоидными капиллярами; 5 — глубокий слой; 6 — соединительная перегородка с крупными сосудами.

недостаточно прочной конституции. У гусей, уток клюв вытянутый, плоский. Цвет клюва: желтый, красноватый, черный, розоватый. Он обычно соответствует цвету ног.

Окраска перьев и кожи. Цвет кожи бывает белый, с розовым или желтоватым оттенком, черный. Пигментация кожи зависит от клеток, содержащих в протоплазме красящее вещество — пигмент. Пигменты могут быть производными меланина или липохрома (каротиноиды). Эти пигменты окрашивают и перья. В зависимости от степени окисления пропигмента меланина — меланогена, содержащегося в перьевых клетках, оперение кур и индеек приобретает разную окраску: черную, бурую, ржаво-бурую, цвета охры. При наличии в клетках пера красящего вещества группы липохрома (каротиноидов) оперение окрашивается в желтый, зеленый, красный цвета. Если пигмент отсутствует, перья белые. Цвет перьев может также зависеть от структуры, в частности от строения и расположения бородок, от рассеивания света, проходящего через разной плотности меланиновый пигмент пера. Цвет перьев у некоторых птиц меняется в зависимости от возраста и пола, а также от сезона года и условий существования.

Линька — естественный биологический процесс замены старых перьев новыми. Старое перо, отмирая, постепенно вытесняется новым растущим пером и выпадает; при этом сменяется не только перо, но и роговой слой эпидермиса.

Различают два типа линьки: ювенальную и периодическую.

Ювенальная линька — это смена первичного пера основным (вторичным). У молодняка она происходит в связи с

Кораллы — образования, имеющие вид бородавкообразных наростов; они расположены на шее и голове индюков, в местах, лишенных оперения.

Сережки — кожные образования под клювом у кур, а у индюков имеется одна сережка в виде мясного выроста над клювом.

Мочки — кожные образования под слуховым проходом, красного или белого цвета.

Когти — сильно развитый роговой слой кожи. Коготь состоит из плотно лежащих чешуек, имеется ростковый слой.

Клюв — это сплошной роговой чехол, образующийся в результате утолщения эпидермиса. У кур клюв короткий, крепкий; слишком длинный и изогнутый клюв считается показателем

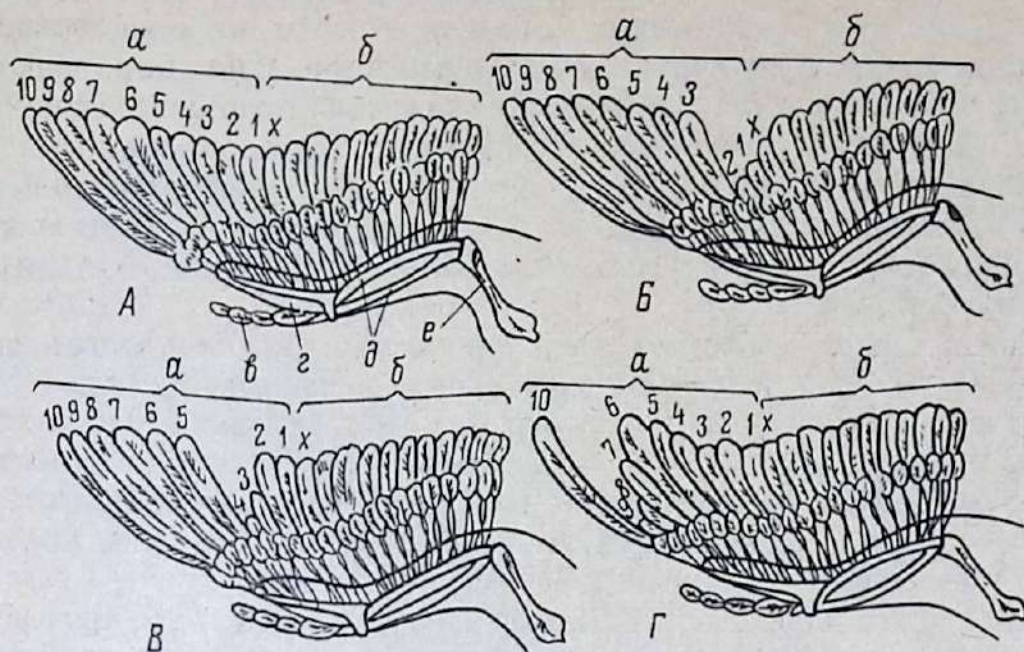


Рис. 30. Смена маховых перьев курицы в период линьки:

А — расположение перьев крыла до линьки (х — подмышечное перо, а — маховые перья первого порядка, б — маховые перья второго порядка, в — крылышко, г — кисть, д — предплечье, е — плечо; цифры — последовательность счета перьев); Б — сменилось два пера; В — сменилось четыре пера; Г — сменилось девять перьев.

изменением его физиологического состояния в период роста. У молодняка разных видов птиц ювенальная линька совершается в различные сроки. У цыплят она начинается с 30-дневного возраста, продолжается 3—4 месяца и полностью заканчивается к наступлению половой зрелости. У петушков линька проходит активнее и заметнее, чем у курочек.

Замена первичных перьев происходит в основном в такой последовательности: вначале сменяются перья хвоста, маховые перья первого и второго порядка, и затем заменяются все остальные первичные перья.

У утят и гусят линька начинается позднее (в 70—80-дневном возрасте), но заканчивается скорее, чем у цыплят (в течение двух месяцев). Может быть и неполная линька. В этом случае часть невылинявших перьев остается до следующей линьки. Например, у утят в ювенальную линьку сменяются только кроющие перья, а маховые остаются перелетевшими.

Периодическая линька пера — это ежегодная смена основного пера у взрослых птиц. В зависимости от их вида данная линька протекает различно.

Линька у упитанных кур-несушек начинается в октябре или ноябре и быстро заканчивается; у слабоупитанных смена пера начинается в июне, июле или начале августа и протекает медленно (три и более месяцев).

Линька идет в следующем порядке. Сначала заменяется перо шеи, затем спины и других частей туловища. Ход линьки можно оценивать по смене маховых перьев первого порядка. Всего их на одном крыле десять. Счет перьев первого и второго порядка начинают от подмы-

шечного пера, которое находится на границе перьев первого и второго порядка (рис. 30). Смена маховых перьев первого порядка происходит последовательно, соответственно их нумерации. Считают, что смена каждого махового пера первого порядка соответствует 10% общей линьки. Замена первого пера начинается одновременно с общей линькой курицы. Смена пятого пера обычно происходит в период активной линьки мелкого пера на туловище. Смена всех 10 маховых перьев первого порядка обычно совпадает с завершением линьки всего перьевого покрова.

Линька может проходить медленно и быстро. Медленная линька характеризуется постепенным выпадением пера, она проходит почти незаметно и обнаруживается только при тщательном осмотре птицы. При активной линьке несушки сразу роняют 2—5 маховых перьев и во время линьки имеют плохой вид. Новое оперение у них вырастает в течение 6—8 недель и отличается от старого блеском и тем, что перья имеют более широкий, полый и мягкий стержень.

Для того чтобы определить интенсивность линьки, кур берут в руки, раздвигают широко крыло, осматривают внутреннюю сторону, прилегающую к туловищу, и подсчитывают количество сменившихся маховых перьев первого порядка.

Линька уток происходит два раза в год: первая — летом (июнь—июль), вторая — осенью. Самки линяют позже самцов на 10—15 дней. У разных пород первая линька проходит неодновременно, но ход линьки у них одинаковый. Летняя, или так называемая первая, линька продолжается 60 дней (с конца мая до конца июля). Начинается она с выпадения рулевых перьев, при этом первыми выпадают центральная пара рулевых перьев (1—1), затем вторая, третья и т. д., пока не сменятся все девять пар. Мелкое перо начинает выпадать через 5—8 дней после выпадения первой центральной пары рулевых перьев. В первую линьку сменяются и маховые перья первого и второго порядка, сменяются они последовательно от десятого к первому. Перья первого порядка считают от внешнего пера, второго порядка — от подмышечного (рис. 31). Обычно маховые перья первого порядка сменяются в течение 10—15 дней, а маховые перья второго порядка выпадают более медленно.

Вторая линька проходит осенью, со второй половины августа до октября (50—55 дней). В период осенней линьки сменяются только рулевые перья и мелкое перо. Рулевые перья заменяются осенью в такой же последовательности, как и в первую (летнюю) линьку.

Линька гусей. Гуси, как и утки, линяют два раза: первая линька — летом, вторая — осенью, через 20 дней после окончания первой. Счет перьев первого и второго порядка у гусей такой же, как и у уток (рис. 31). В первую (летнюю) линьку у гусей сменяется все оперение (рулевые перья, мелкое перо, маховые перья первого и второго порядка). При этом рулевые перья и мелкое перо выпадают одновременно. Мелкое перо выпадает в первую очередь на нижней части шеи, потом на груди, передней и задней частях спины, и последними выпадают перья бедра. Рулевые перья сменяются в той последовательности, как у уток.

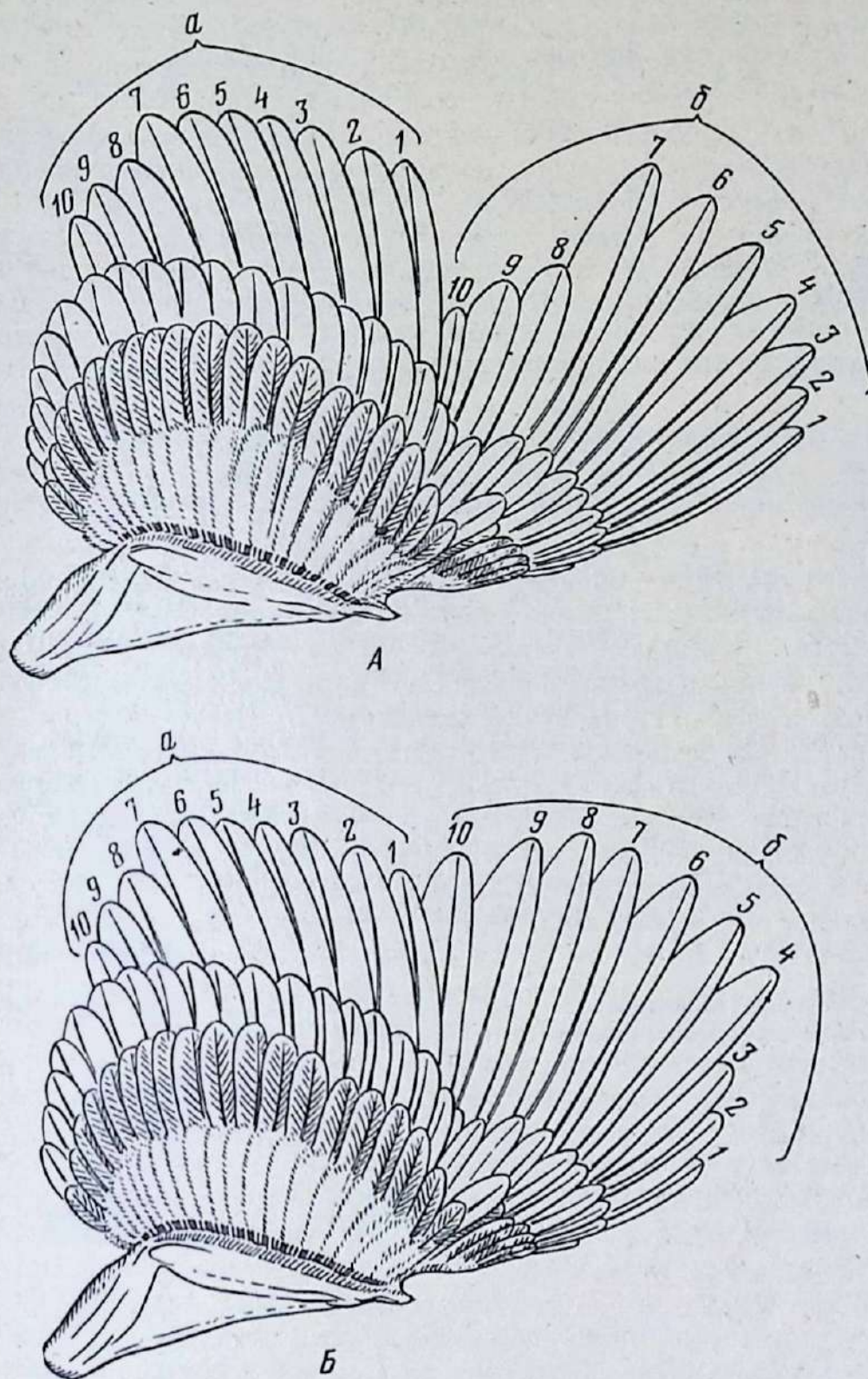


Рис. 31. Последовательность выпадения маховых перьев крыла:

А — у уток (от больших цифр к небольшим); Б — у гусей (с краев во внутрь);
 а — перья второго и б — первого порядков.

Спустя 10 дней после начала линьки рулевых перьев и мелкого пера течение 15—20 дней происходит полная замена маховых перьев первого и второго порядка. Замена маховых перьев первого порядка начинается с наружного крыла в направлении к туловищу с первого к десятому перу. А линька маховых перьев второго порядка начинается наоборот — от туловища в направлении к середине крыла, т. е. с десятого к первому перу.

Летняя линька гусей длится 60—80 дней. В южных районах страны она начинается несколько раньше, чем в северных.

Искусственная, или принудительная, линька пера в отличие от естественной линьки вызывается человеком в любое время года путем воздействия на организм птицы химическими и гормональными препаратами или резким изменением факторов кормления и содержания птиц.

Из общеизвестных методов вызывания искусственной линьки пера наиболее эффективен метод резкого снижения уровня питания, потребления воды и суточного освещения птиц в течение 10—11 дней (табл. 3).

В дни с высокими температурами воздуха воду в период линьки не исключают. В период с 12-го по 60-й день после выдержки на указанном режиме кур подготавливают ко второму циклу яйцекладки путем улучшения уровня их кормления и соответствующего режима освещения согласно методическим рекомендациям ВНИТИП (1976 г.).

Лишение птицы корма, воды и света в первые три дня вызывает у нее резкое снижение уровня общего обмена, изменение адаптивных реакций и смену пера. За 12 дней голодания куры теряют 25,7% своей начальной массы, при этом в первые три дня голодания они теряют 57,6% потери массы за весь период установленного режима.

Искусственная, или принудительная, линька начинается более дружно и проходит быстрее (40—60 дней), чем естественная; она позво-

Табл. 3. Режимы содержания и кормления кур в период и после искусственной линьки (извлечения из рекомендаций ВНИТИП, 1976 г.)

Дни	Корм	Вода	Продолжительность освещения, ч
До вызова линьки	Вволю	Вволю	15—18
1	Не дают	Не дают	Без света
2	» »	» »	» »
3	» »	» »	» »
4	» »	Вволю	0,5
5	20 г зерна	»	1
6	30 » »	»	2
7	40 » »	»	3
8	50 » »	»	4
9	60 » »	»	5
10	60 г зерна и 30 г комб.	»	6
11	То же	»	7
12	Комбикорм вволю	»	8

ляет продлить срок эксплуатации кур, повысить качество и увеличить количество инкубационных яиц при использовании одних и тех же производственных площадей. Так, яйценоскость кур за 10 месяцев эксплуатации их после принудительной линьки составляла 223,4—248,9 яйца на начальную несушку, а до принудительной линьки за тот же период — 221,9—233,7 яйца (Э. Эвикас, 1976).

Преждевременная линька может наступить вследствие недостаточного кормления, сокращения длительности освещения, при очень высокой температуре воздуха и повышенной влажности, а также в результате воздействия других стресс-факторов. Регулируя уровень белкового, минерального и витаминного питания и продолжительность светового дня, можно прекратить естественную линьку или ускорить ее.

Механизм линьки в полной мере еще не изучен. Полагают, что естественная линька связана главным образом с функцией нервной системы и гормонов желез внутренней секреции. Под воздействием лучей света в зрительных нервах возникает возбуждение, которое передается в головной мозг, а оттуда через подбугорье в гипофиз. В ответ на это в передней доле гипофиза усиливается образование гонадотропных гормонов, которые, попадая в кровь, повышают функцию органов размножения. Когда естественное или искусственное освещение недостаточно, в передней доле гипофиза уменьшается образование гонадотропных гормонов и как следствие ослабевают функции органов размножения, снижается яйцекладка. Деятельность щитовидной железы и выделение ею гормона тироксина в этот период повышаются. Тироксин, действуя через нервную систему, стимулирует линьку.

Как видно из описанного, световой режим имеет исключительно важное значение для выращивания молодняка и содержания взрослых птиц. Поэтому им нужно пользоваться умело, так как в одном случае усиленное освещение полезно, а в другом может быть бесполезным и даже вредным.

В период линьки резко снижается или полностью прекращается яйценоскость. Это объясняется тем, что в организме происходит исключительно интенсивный обмен веществ, связанный с формированием перьев. Поэтому очень важно, чтобы линька начиналась в более поздние сроки, когда яйценоскость снижается естественно, и как можно быстрее заканчивалась. У высокопродуктивных кур-несушек линька иногда протекает сглаженно, без резкого нарушения яйценоскости.

Физиологическая роль кожи. Физиологические и физические функции кожи разнообразны. Через нее осуществляется связь организма с внешней средой. Кожа защищает органы и ткани от вредных физических воздействий и проникновения в них болезнетворных микробов. Она принимает участие в регуляции теплоотдачи, частично участвует в газообмене.

Кожа богата кровеносными сосудами. Капилляры содержатся под эпидермисом, в области расположения сосочков и в средней зоне. В этих трех участках раскинута густая сеть кровеносных сосудов. В них может собираться до 30% всей крови, циркулирующей в организме.

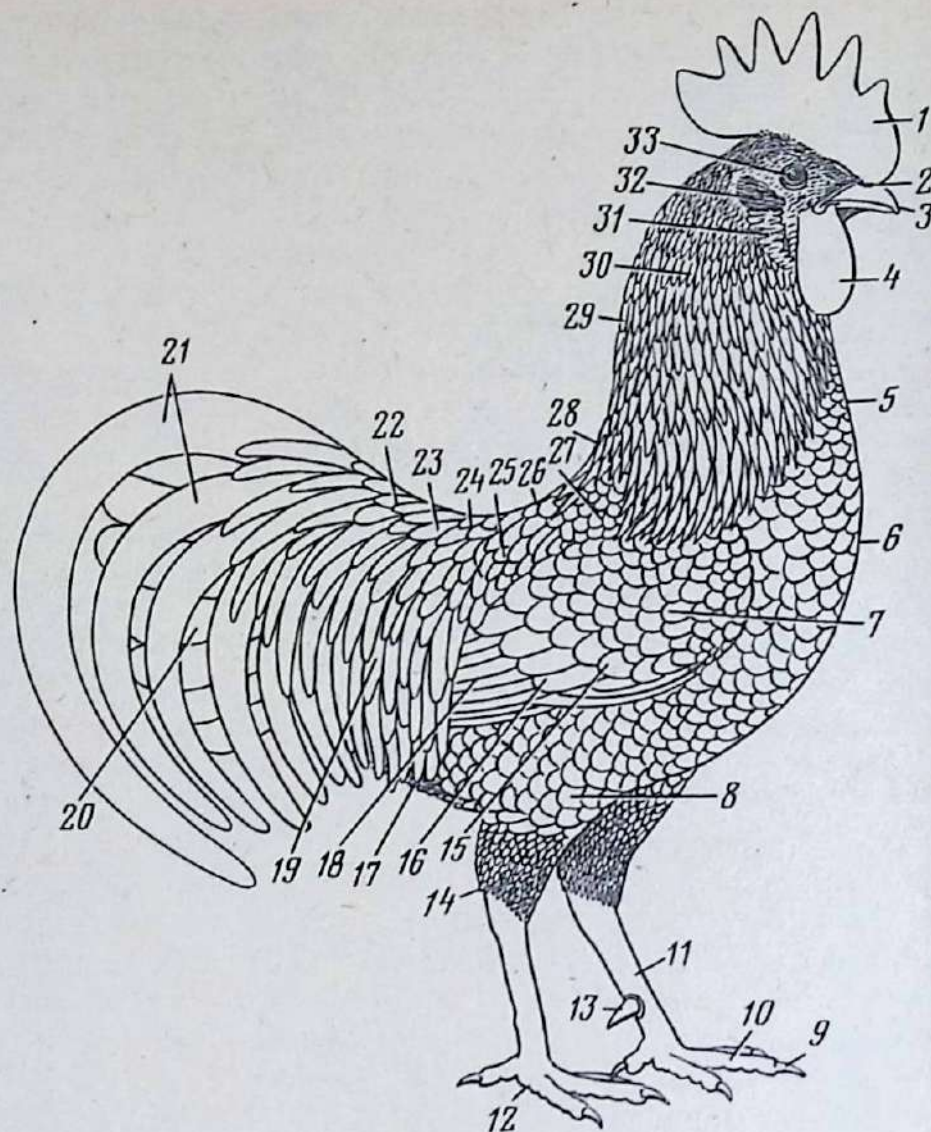


Рис. 32. Название частей тела и оперения петуха:

1 — гребень; 2 — ноздри; 3 — клюв; 4 — сережки; 5 — передние шейные перья; 6 — грудь; 7 — плечевые перья крыла; 8 — перья голени; 9 — ноготь; 10 — палец; 11 — плюсна; 12 — подошва; 13 — шпора; 14 — пятка; 15 — кроющие перья крыла; 16 — маховые перья первого порядка; 17 — хлуп, кочень; 18 — маховые перья второго порядка; 19 — малые косицы; 20 — рулевые перья; 21 — большие косицы; 22, 23 — кроющие перья хвоста; 24 — основание хвоста; 25 — кроющие перья поясницы; 26 — спина; 27 — кроющие перья плеча; 28 — основание шеи; 29 — кроющие перья шеи; 30 — шея; 31 — ушная мочка; 32 — ухо; 33 — глаз.

С изменением количества притекающей и оттекающей крови изменяется теплообмен в коже и в организме в целом. При резком понижении температуры окружающей среды просвет капилляров рефлекторно сужается, что приводит к уменьшению количества крови, находящейся в коже. При этом происходит приток крови к внутренним органам. Участки кожи в местах, наиболее подверженных охлаждению, оказываются обескровленными и могут подвергнуться обмороживанию. При высокой температуре окружающей среды кровеносные сосуды расширяются, увеличивается количество крови в коже, а вместе с этим усиливается и теплоотдача. Это предохраняет организм птицы от возможного перегрева.

Кожа — обширное рецепторное поле, сложный орган чувств. Через

нее осуществляется осязание, ощущается давление, температура и боль. Достигается это благодаря большой сети нервных окончаний, расположенных в различных ее слоях. Кожа очень чувствительна к изменению температуры. Понижение или повышение температуры внешней среды на $0,2^{\circ}$ уже воспринимается кожей птицы. Чувство осязания достигается с помощью особых осязательных клеток, имеющихся вокруг перьевых мешочков и в коже ног.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятий. Изучить строение пера и определить интенсивность линьки.

Материалы и инструменты: плакаты, живая птица, чучела птиц, различные перья, микроскоп, ножницы, скальпели, пинцеты, линейка.

З а д а н и е. Изучить строение пера и ознакомиться с расположением производных кожи.

На плакате или рисунке (рис. 32) ознакомиться с различными частями тела и местами расположения производных кожи, зарисовать в тетради. Назвать и показать части туловища. На чучелах или живой птице указать кроющие перья шеи, плеча, крыла и т. д. Найти маховые перья первого (большие перья) и второго (малые перья) порядка. Подсчитать количество заменившихся маховых перьев первого порядка, начиная с первого пера, пометить их краской, чтобы они четко выделялись. Подсчитать процент линьки.

Рассмотреть маховое перо. Найти очин, стержень, опахало, бородки. С помощью лупы посмотреть крючочки и желобки на бородках. Сделать промеры. Зарисовать и проставить соответствующие надписи. Скальпелем или ножницами сделать продольный срез очина. Осмотреть полость и воронки в полости очина.

Взять маховое, кроющее и пуховое перья, сравнить их строение и отметить различие в строении очина, опахала и его лучей. Рассмотреть места крепления перьев в коже, проверить подвижность ее. Сделать срез кожи в местах, лишенных пера, и посмотреть под микроскопом ее слои (эпидермис, основной слой).

Аппарат движения

Аппарат движения обеспечивает перемещение и сохранение определенного положения тела птицы в пространстве, сокращение органов дыхания и движения, поиск и захват пищи, постоянство температуры тела, сокращение сердца, передвижение крови и лимфы и исполнение других функций. Он состоит из пассивной части — костной системы (кости, связки) и активной — мышечной.

КОСТНАЯ СИСТЕМА, ИЛИ СКЕЛЕТ

Скелет — твердая основа тела, представляет собой систему костных (или хрящевых) рычагов движения. Скелет делят на два основных отдела: осевой скелет и скелет конечностей. Осевой скелет, в свою очередь, состоит из скелета головы и скелета туловища, а скелет конечностей — из поясов и скелета свободных конечностей (рис. 33). Скелет служит опорой тела, придает ему форму, обеспечивает передвижение птицы в пространстве, является депо костного мозга, минеральных солей. Особенность скелета птиц по сравнению с млекопитающими заключается в том, что грудные конечности птиц превратились в крылья, а тазовые служат для хождения и опоры. Кости скелета тонкие, плотные, прочные, матово-белые, содержат большое количество минеральных веществ. У молодых птиц кости заполнены костным мозгом, с возрастом он постепенно оттесняется воздухом, рассасывается и остается лишь в костях нижнего отдела крыльев и тазовых конечностей, а также в щелях губчатого вещества некоторых плоских костей. Большинство костей скелета содержит полости, заполненные воздухом. Кости скелета, как и другие органы, выполняют определенные функции в организме, они растут и развиваются.

Строение кости. Кость построена из костной ткани. В ней различают компактное и губчатое костное вещество.

Компактное костное вещество располагается в кости поверхностно, между надкостницей и губчатым веществом. Это наиболее плотный слой кости. Он состоит из плотно прилегающих одна к другой костных пластинок. Костные пластинки подразделяются на систему гаверсовых пластинок, или остеоны, вставочные и общие наружные пластинки (рис. 34).

Губчатое вещество состоит из трубочек и перекладин, которые образуются в процессе роста из остатков остеонов, вставочных и других пластинок. Костные пластинки располагаются по силовым линиям сжатия и растяжения, возникающим под влиянием сил тяжести и выполняемой костями физической нагрузки. В результате этого образуются ячейки, а вещество приобретает губчатое строение, что при минимальном весе увеличивает поверхность и повышает прочность.

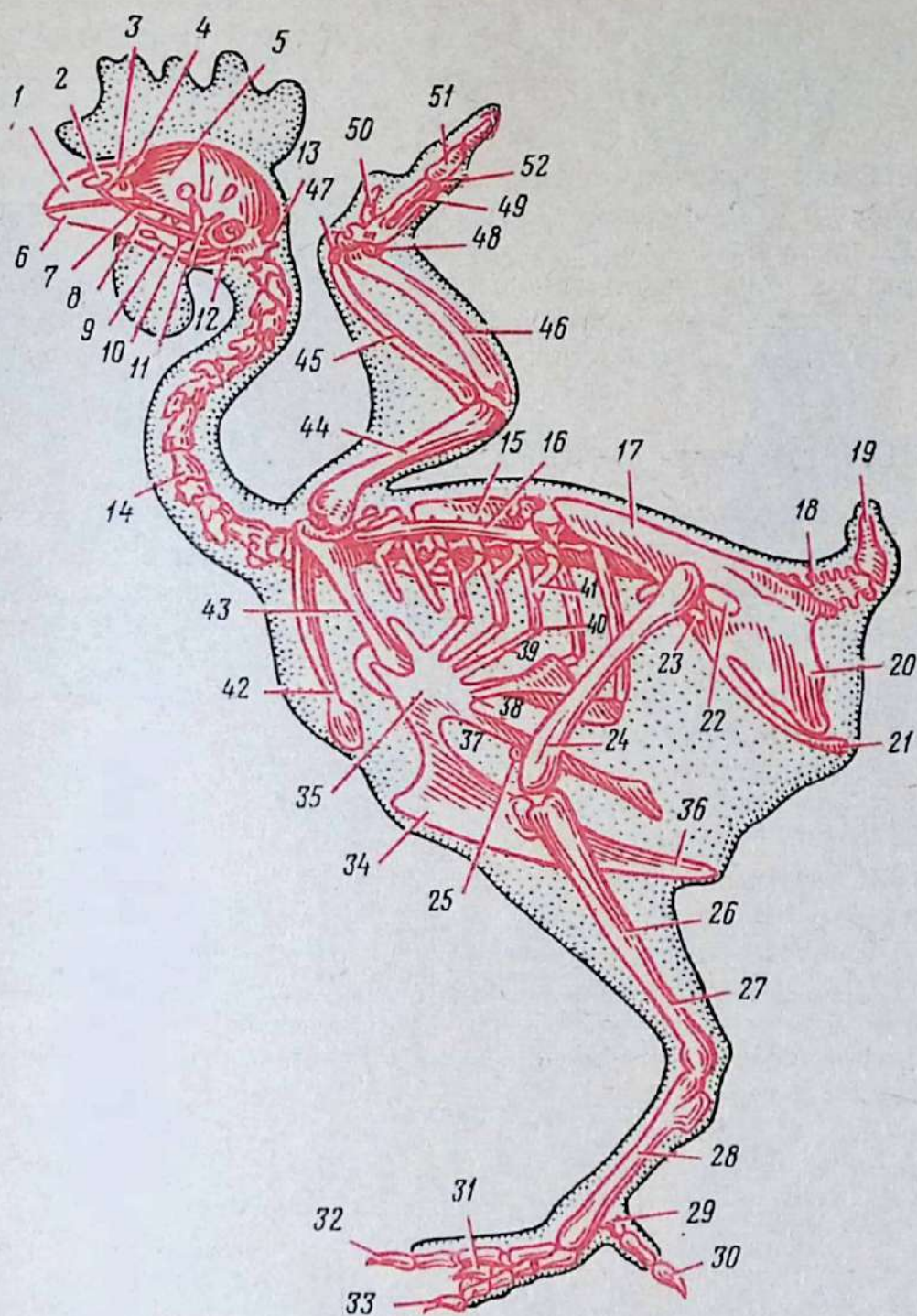


Рис. 33. Скелет курицы:

1 — резцовая кость; 2 — носовое отверстие; 3 — носовая и 4 — слезная кости; 5 — перпендикулярная пластинка решетчатой кости; 6 — зубная; 7 — нёбная; 8 — квадратно-скуловая; 9 — крыловидная; 10 — суставная; 11 — квадратная и 12 — барабанная кости; 13 — атлант; 14 — шейные и 15 — грудные позвонки; 16 — лопатка; 17 — подвздошная кость; 18 — хвостовые позвонки; 19 — пигостиль; 20 — седалищная и 21 — лонная кости; 22 — седалищное и 23 — запертое отверстия; 24 — бедренная кость; 25 — коленная чашка; 26 — малоберцовая и 27 — большеберцовая кости; 28 и 29 — плюсневые кости; 30 — первый; 31 — второй; 32 — третий и 33 — четвертый пальцы; 34 — гребень грудной кости; 35 — грудная кость; 36 — средний, 37 — боковой и 38 — реберный отростки грудной кости; 39 — стернальный и 40 — вертебральный участки ребер; 41 — крючковидный отросток; 42 — ключица; 43 — коракоид; 44 — плечевая кость; 45 — лучевая и 46 — локтевая кости; 47, 48 — запястные и 49 — пястные кости; 50 — первый, 51 — второй и 52 — третий пальцы.

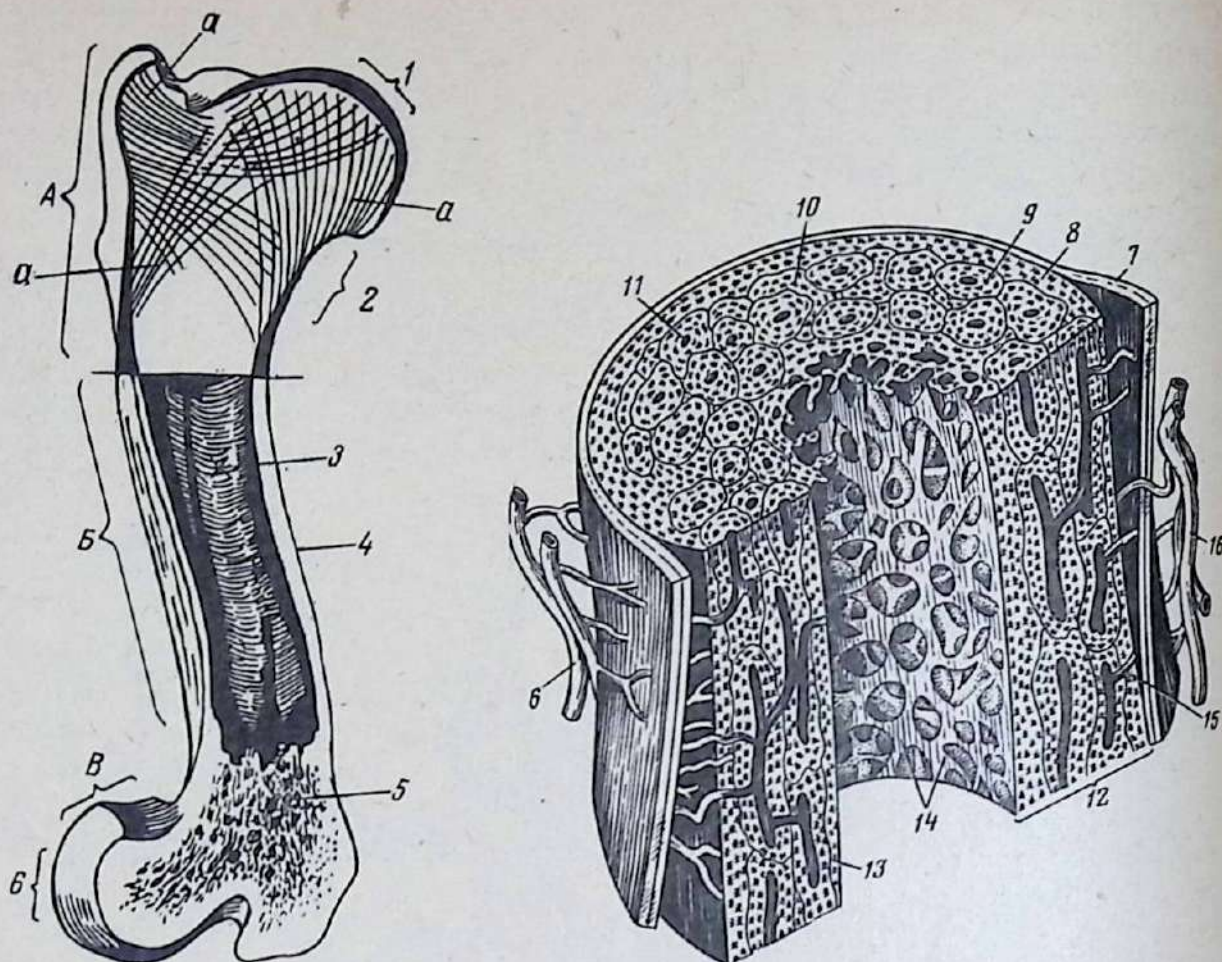


Рис. 34. Строение трубчатой кости:

А — проксимальный эпифиз; Б — диафиз; В — дистальный эпифиз; а — траектории перекладин губчатого вещества; 1 — головка; 2 — шейка; 3 — полость трубчатой кости; 4 — компактное и 5 — губчатое костное вещество; 6 — кровеносные сосуды; 7 — надкостница; 8 — наружная общая система костных пластинок; 9 — гаверсова система; 10 — гаверсов канал; 11 — вставочные пластинки; 12 — компактная часть кости; 13 — внутренняя общая система костных пластинок; 14 — губчатая часть кости; 15 — фолькмановский канал.

костей. В коротких костях птиц губчатое вещество заполняет среднюю часть, а в длинных — эпифизы; остальные части кости полые.

Надкостница, или периост, — это слой плотной соединительной ткани, образованный коллагеновыми волокнами. Она покрывает кость и прочно с ней срастается, особенно в местах прикрепления мышц и связок (ее нет в местах прикрепления хряща к кости). В надкостнице проходят кровеносные сосуды, которые через специальные (фолькмановы) каналы проникают в сеть гаверсовых каналов и таким образом обеспечивают питание кости.

В надкостнице имеются чувствительные нервные окончания — болевые рецепторы. Поэтому кость снаружи чувствительна, как и другие органы.

Надкостница играет исключительно важную роль в росте и восстановлении кости. На ее внутренней поверхности, прилегающей к компактному костному веществу, находятся особые клетки: костеобразователи — остеобласты и костеразрушители — остеокласты.

Остеобласты, размножаясь, превращаются в новые костные клетки, за счет которых кость растет в толщину. **Остеокласты** разрушают костное вещество там, где нет силового напряжения, возникающего под действием внешних сил (сила тяжести, работа мышц); в результате этого происходит постоянная перестройка костей в течение всей жизни птицы.

У несушек в период подготовки к яйцекладке в трубчатых и некоторых плоских костях образуется под влиянием половых гормонов вторичная губчатая, так называемая **медуллярная костная ткань**. Во время образования яйца эта ткань при участии остеокластов подвергается рассасыванию (резорбции), а освобождающиеся кальциевые соли используются для формирования скорлупы яйца.

Красный костный мозг является органом кроветворения. У птиц он окружен и отделен от костной ткани тонкой оболочкой — эндоостом. От эндооста отходят в различных направлениях соединяющиеся между собой перекладины из рыхлой соединительной ткани. Перекладины составляют остов красного костного мозга. По перекладинам и между ними расположены кровеносные сосуды, образующие капиллярную сеть.

Капилляры имеют относительно широкий просвет и тонкую пористую стенку из эндотелиальных клеток, проницаемую для форменных элементов.

Желтый костный мозг. В красном костном мозге среди кровяных клеток встречаются жировые клетки, число которых с возрастом птицы увеличивается до такого количества, что они образуют желтый костный мозг. Последний служит запасом питательных веществ.

Рост и развитие костей. Разные кости формируются неодинаково. Покровные (височные, теменные, лобные) развиваются из соединительной ткани, а большинство костей скелета — из хряща. На ранней стадии развития зародыша на месте будущих костей в хрящевой зачаток врастают кровеносные сосуды, а вместе с ними сюда поступают и костеобразующие клетки (osteoblastы) — возникает центр окостенения. Затем костные клетки образуют вокруг кровеносных сосудов межклеточное вещество, оно пропитывается кальциево-фосфорными солями и цементирует коллагеновые волокна, отчего последние становятся более плотными, прочными и приобретают вид костных пластинок. Снаружи первой костной пластинки остеобласты образуют вторую, которая замуровывает и сами костные клетки. Так, в результате постепенного наслаивания костных пластинок образуется остеон, или гаверсова система, состоящая из 5—6 костных пластинок, между которыми находятся костные клетки — **остеоциты**. Процесс окостенения хряща идет одновременно с процессом его разрушения.

В трубчатых костях процесс окостенения начинается в средней части — диафизе, а затем переходит на концы — эпифизы. Между диафизом и эпифизом расположен так называемый **эпифизарный хрящ**. Со стороны эпифиза хрящевые клетки

размножаются, обуславливая рост кости в длину, а со стороны диафиз хрящ окостеневает. С возрастом окостенение идет быстрее, чем образование хряща. Поэтому через некоторое время весь хрящ оказывается окостеневшим, и рост его в длину прекращается. У кур это в основном заканчивается в возрасте 120—150 дней, а при замедленном росте значительно позже.

Кость увеличивается и в толщину вследствие усиленного роста клеток надкостницы и отложения минеральных солей.

Форма костей связана с выполняемой ими функцией. Различают длинные трубчатые, длинные изогнутые, короткие и пластинчатые кости.

Длинные трубчатые кости составляют скелет конечностей. Они выполняют функции рычагов, опоры и движения. В каждой трубчатой кости различают концы — *эпифизы* (проксимальный и дистальный) и средний участок, или тело кости, — *диафиз*.

Эпифизы обычно утолщены, покрыты составным хрящом и служат местом соединения трубчатых костей.

Длинные изогнутые кости (ребра) образуют грудную клетку. Они служат опорой туловища в целом, предохраняют внутренние органы (легкие, сердце) от внешних воздействий и выполняют функцию рычагов, движущих грудную стенку при вдохе и выдохе.

Короткие кости состоят преимущественно из губчатого вещества, которое снаружи покрыто тонкой пластинкой компактного вещества. К коротким костям относятся позвонки. Соединяясь между собой, они образуют в скелете туловища позвоночный столб. Позвонки выполняют функцию опоры и ослабляют силы толчков при движении птиц по земле.

Пластинчатые кости образуют полости (например, черепно-мозговую). Они защищают органы, которые размещены в них. Пластинчатые кости служат и опорой (в стенках носовой и ротовой полостей), а также местом прикрепления мышц. Лопатка и тазовые кости, где прикрепляется большое количество мышц, являются рычагами движения. Тазовые кости защищают органы, размещенные в тазовой полости.

Физические свойства и химический состав костей. Кости птиц отличаются от костей млекопитающих своей белизной, легкостью, тонкостью, плотностью, твердостью, большим содержанием минеральных солей и пневматичностью (содержанием воздуха). В кости головы воздух проникает через носовую полость, слуховую трубу (евстахиеву) и барабанную полость. В другие кости воздух поступает через отростки (дивертикулы) воздухоносных мешков. Относительная масса костей к общей массе составляет у кур 9—12%, у гусей 14—15%. В костях содержится воды до 40%, жира до 10%. Минеральные вещества составляют 67—68%, органические — 30—32% сухого вещества. Главными химическими элементами костей являются кальций, фосфор и магний, которые находятся в виде фосфорнокислых, частично углекислых и фтористых солей.

В золе кости содержится около 85% фосфорнокислого кальция, 10% углекислого кальция, 1,5% фосфорнокислого магния, около 0,3% фтористого кальция. Из органических веществ в состав костей входит главным образом белок оссеин.

Количество минеральных элементов в значительной степени может изменяться в зависимости от вида, возраста, продуктивности, а также от уровня питания и функционального состояния организма птиц.

Процентное содержание кальция и фосфора в костях резко возрастает в течение первого месяца жизни цыплят, достигая 80% и более от величины этих показателей у взрослой птицы. Имеются различия и в степени минерализации разных костей скелета.

Недостаток питательных веществ, особенно минеральных, вызывает нарушение обмена веществ, что влечет за собой изменение прочности костей, они искривляются, снижается продуктивность птиц.

Соединение костей. Кости скелета соединяются неподвижно или подвижно. Неподвижно кости соединяются с помощью плотной соединительной, хрящевой или костной тканей в виде связок, мембран, швов (зубчатых, чешуйчатых). Например, кости черепа соединены гладкими, зубчатыми и чешуйчатыми швами; тела подвижных позвонков — межпозвоночными хрящевыми пластинками. Подвижно соединяются кости с помощью суставов.

Суставы — это связующий аппарат, который фиксирует суставные концы костей и определяет их правильное положение во время движения. Суставные концы костей имеют поверхности, хорошо прилегающие друг к другу. В суставе имеются суставные хрящи, суставная капсула и синовиальная жидкость.

Капсула является продолжением надкостницы, переходит в виде чехла с одной кости на другую и образует в месте их соединения закрытую полость. Капсула состоит из двух слоев: фиброзного — поверхностного, образующего прочные связки сустава, и синовиального — внутреннего. Эндотелиальные клетки внутреннего слоя выделяют клейкую, слегка желтоватую жидкость — **синовию**. Синовиальная жидкость смазывает соприкасающиеся поверхности хрящей, уменьшая трение в суставах. **Суставные хрящи** (гиалиновые) улучшают скольжение и смягчают толчки при движении.

В зависимости от характера выполняемого движения суставы бывают одноосные, обеспечивающие движение костей вокруг одной оси (сгибание, разгибание), двухосные (сгибание, разгибание, отведение и приведение) и многоосные, позволяющие производить разнообразные движения. Суставные поверхности чаще всего имеют форму головки и ямки (например, в плечевом, тазобедренном суставах).

По строению суставы разделяются на простые и сложные. В простых суставах соединены две суставные поверхности, в сложных суставах между двумя основными костями находятся хрящевые пластинки или несколько рядов коротких костей (запястный, заплюсневый суставы).

Скелет головы. Череп. Характерной особенностью черепа птиц является то, что его кости, за исключением скуловых, слезных и

квадратных, рано срастаются, границы между ними исчезают. На черепе различают наружные и внутренние углубления и впадины. Из числа наружных впадин наибольшими являются глазницы, расположенные по бокам черепа. Дорсальная стенка глазницы всегда костная. Аборо-вентрально в глазнице находится отверстие для зрительного нерва, дорсально от него — отверстие для выхода обонятельного нерва (обонятельное отверстие), затянутое перепонкой.

В глазнице находятся еще три небольших отверстия для черепно-мозговых нервов. Аборально от квадратной и височной костей имеется неглубокая височная ямка. Над ней от края глазницы выдается скуловой отросток височной кости. Овальная барабанная полость сравнительно глубокая, в нее открываются внутренний слуховой проход и слуховая (евстахиева) труба.

Аборально в надклювье имеются круглые или овальные наружные носовые отверстия — ноздри. На черепе расположены характерные для птиц слезно-носовая впадина, образованная носовой, слезной и верхнечелюстной костями, и нёбная впадина, ограниченная решетчатой костью, сошником, а также нёбными и межчелюстными костями; при помощи хоан она сообщается с носовой полостью. У птиц черепная полость делится на две ямки: в большей (верхней) помещается большой мозг, в меньшей (нижней) — мозжечок (малый мозг). Обонятельная ямка у птиц отсутствует.

Череп птицы, как и у других позвоночных, разделяют на мозговой и лицевой отделы (рис. 35).

Кости мозгового отдела черепа. В состав мозгового отдела входят непарные кости — затылочная, клиновидная, решетчатая и парные кости — теменные, лобные, височные. Кроме того, к мозговой части черепа относятся добавочные кости, защищающие органы чувств, а именно: предохраняющая органы слуха и обоняния, слезная — глаза.

З а т ы л о ч н а я к о с т ь состоит из четырех костей: дорсальной, вентральной и двух боковых затылочных. Они образуют в центре затылочной кости большое затылочное отверстие, под которым находится мыщелок для соединения с первым шейным позвонком (атлантом).

На каждой боковой затылочной кости расположено по три отверстия для прохождения нервов и сосудов.

У гусей и уток над затылочным отверстием имеются еще два овальных отверстия для соединения черепа с позвоночником.

К л и н о в и д н а я к о с т ь треугольной формы. От аборальной ее части отходят височные крылья. У кур, уток, голубей тело клиновидной кости соединяется с крыловидными костями.

Р е ш е т ч а т а я к о с т ь расположена в носовой полости. Она состоит из перпендикулярной и горизонтальной пластинок. Перпендикулярная пластинка находится между глазными впадинами, образуя неполную перегородку с отверстием, закрытым перепонкой. От перпендикулярной пластинки отходит горизонтальная. Она имеет отверстие для прохождения обонятельного нерва.

Т е м е н н ы е к о с т и парные, короткие и широкие, заполняют пространство между затылочной и лобными костями.

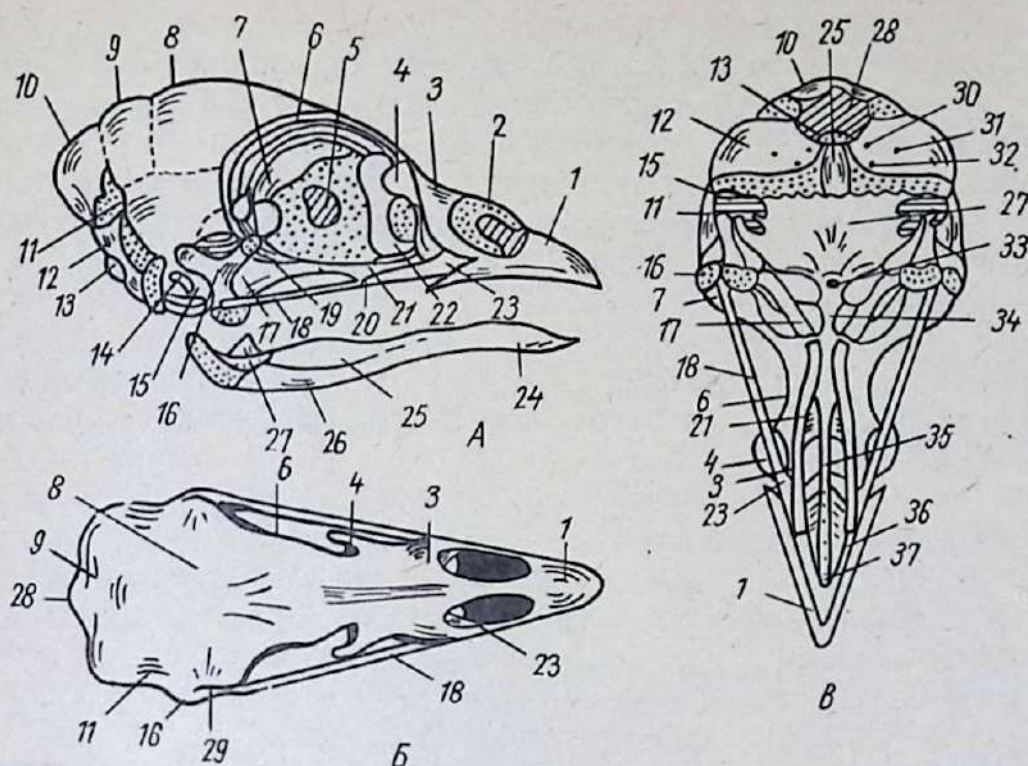


Рис. 35. Череп курицы:

А — вид сбоку; Б — сверху; В — снизу; 1 — межчелюстная кость; 2 — хрящ крыльев носа; 3 — носовая и 4 — слезная кости; 5 — отверстие в межглазничной перепонке; 6 — край глаза; 7 — задняя часть вертикальной пластинки решетчатой кости; 8 — лобная и 9 — теменная кости; 10 — чешуя затылочной и 11 — височной костей; 12 — боковая часть затылочной кости; 13 — затылочный мыщелок; 14 — слуховая косточка; 15 — барабанная полость; 16 — квадратная кость; 17 — передняя часть клиновидной кости; 18 — квадратно-яремная кость; 19 — височные крылья клиновидной кости; 20 — скуловая и 21 — нёбная кости; 22 — передняя часть вертикальной плотной решетчатой кости; 23 — верхняя челюсть; 24 — передняя часть нижней челюсти (зубная кость); 25 — угловая часть нижней челюсти; 26 — надсуставная часть нижней челюсти; 27 — задняя часть клиновидной кости; 28 — межтеменная кость; 29 — задний глазничный отросток; 30 — отверстие для подъязычного нерва; 31 — отверстие для блуждающего нерва; 32 — отверстие для сонной и яремной артерий; 33 — непарное впадение слуховых трубочек; 34 — передняя часть клиновидной кости; 35 — сошник; 36 — нёбный отросток межчелюстной кости; 37 — передненосовой хрящ.

Лобные кости парные, большого размера, имеют сильно развитый скуловой отросток. Лобные кости состоят из трех частей: лобной, носовой, глазничной.

Височные кости состоят из сросшихся костей — чешуйчатой и каменистой. Чешуйчатая височная кость имеет скуловой отросток, он короткий и тонкий у кур, толстый у гусей, длинный у уток. Чешуя височной кости имеет суставную ямку для соединения с квадратной костью.

Кости лицевого отдела черепа. К лицевому отделу черепа относятся межчелюстная кость, верхнечелюстные, или кости клюва, носовые, скуловые, слезные, нёбные, крыловидные, нижнечелюстные, квадратные, сошник и подъязычная.

Челюстные и межчелюстные кости образуют костное надклювье с роговыми зубовидными выступами по краям. Зубов у птиц нет.

Межчелюстная кость — вытянутая дугообразная пластинка, является основой дорсальной части клюва и определяет его

форму. Аборально от этой кости отходят три пары отростков: дорсальные, вентральные и боковые. Дорсальные отростки начинаются между ноздрями, соединяются с лобными костями швом, образуя непарную кость.

Вентральные отростки проходят по средней дорсальной стенке ротовой полости и соединяются с нёбными костями, иногда объединяясь в непарную кость. Боковые отростки вместе с верхнечелюстной костью образуют клюв.

Верхнечелюстные кости — это костные пластинки, которые аборально соединяются со скуловыми костями, орально — с межчелюстными. Нёбные отростки их служат для образования окостеневшего нёба.

Носовые кости сравнительно больше, аборально и дорсально они ограничивают ноздри.

Скуловые кости имеют палочковидную форму, расположены между верхнечелюстными и квадратной костями. Каждая скуловая кость соединяется суставом с квадратной костью.

Слезные кости хорошо развиты, соединяются с лобными, редко с носовыми и вентрально налегают на скуловые кости.

Нёбные кости соединяют верхнечелюстные кости с крыловидными. Они ограничивают хоаны и образуют твердое нёбо.

Крыловидные кости — массивные пластинки клиновидной формы (заострены у уток); расположены между нёбными и клиновидными костями с одной стороны и квадратной с другой.

Сошник образует дополнительную перегородку между носовыми полостями, он представляет собой отвесную костную пластинку, располагающуюся вентральным концом между нёбными концами; хорошо развит у уток, слабо — у кур.

Нижнечелюстная кость состоит из нескольких частей. В зависимости от породы птиц она имеет различную форму, носит название костного подклювья, а верхнечелюстная и межчелюстная кости — костного надклювья.

Квадратная кость неправильной четырехугольной формы, имеет четыре суставные поверхности для соединения с височной, нижнечелюстной, крыловидной и скуловой костями. На ней есть пять различных отростков (мышечной и четыре суставных). Такое сочетание квадратной кости с другими костями черепа образует хороший хватательный механизм птичьего клюва.

Подъязычная кость. В ней различают основную непарную косточку, подпирающую язык; к ней примыкают спереди внутренняя кость, сзади хвостовая кость, или хвостовик подъязычной кости. От середины подъязычной кости отходят длинные 2—4-членистые отростки, или ее рожки (рога) (рис. 36). Между этими частями находится вставочная хрящевая часть, а задние (аборальные) свободные концы отростков (рожков) вытягиваются в длинную хрящевую нить. Форма языка определяется формой клюва: у кур, индеек, голубей он узкий и заостренный; у водоплавающих более широкий и менее заостренный.

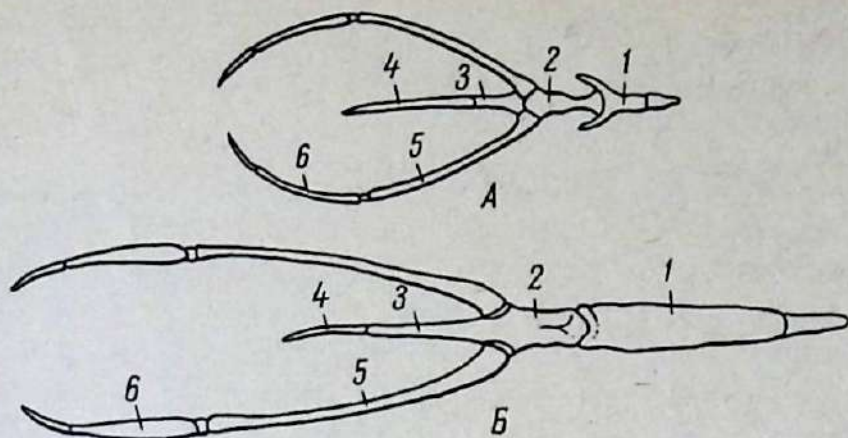


Рис. 36. Подъязычная кость:

А — курицы; Б — гуся; 1 — внутриязычная кость; 2 — основной участок; 3 — задняя часть подъязычной кости; 4 — киль; 5 — нижняя и 6 — верхняя части ветви с хрящевым окончанием.

Подъязычная кость своими вентральными отростками соединяется с нижнечелюстной, квадратной и крыловидной костями.

Скелет туловища состоит из позвоночного столба, ребер, грудной кости. Основой скелета является позвоночный столб, состоящий из отдельных позвонков. Каждый позвонок имеет: тело с седлообразной поверхностью; дужки, которые с телом позвонка образуют позвоночный канал; остистые и суставные отростки (рис. 37). У птиц в отличие от других видов животных позвонки менее подвижны, так как многие из них срослись. Это позволяет птице сохранять горизонтальное положение при полете.

Позвонки, соединяясь между собой, образуют общий канал позвонков, в котором расположен спинной мозг.

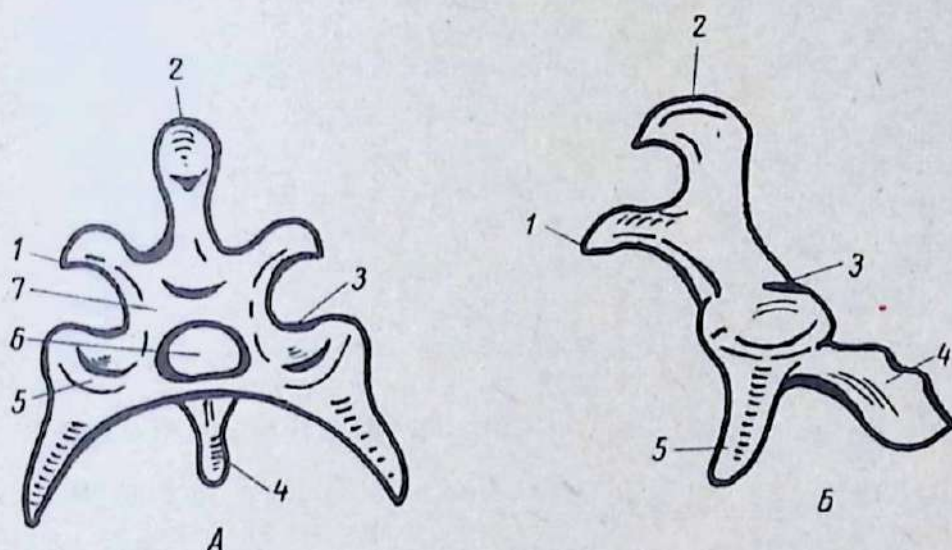


Рис. 37. Общее строение позвонка:

А — вид спереди; Б — вид сбоку; 1 — передние седловидные суставные поверхности; 2 — остистый отросток; 3 — задние суставные поверхности; 4 — вентральный отросток; 5 — место соединения ребра с поперечным сосцевидным отростком; 6 — позвоночное отверстие; 7 — тело позвонка.

Позвоночный столб разделяется на четыре части: шейную, грудную, тазовую и хвостовую. Каждая часть состоит из определенного количества позвонков (табл. 4).

Т а б л. 4. Число позвонков у разных видов птиц

Позвонки	Курица	Утка	Гусь
Шейные	13—14	14—16	17—18
Грудные	7	9	9
Поясничные	1—2	1—2	1—2
Крестцовые	2	2	2
Хвостовые, всего	8—9	9—10	9—10
в том числе свободные	5—6	7—8	7—8
Всего	31—34	35—39	38—41

Шейная часть имеет наибольшее количество подвижных позвонков, что позволяет птице свободно поворачивать голову в разных направлениях. У шейных позвонков хорошо развиты остистые отростки, к которым прикрепляются мышцы.

Первый шейный позвонок (*атлант*) — самый маленький, кольцообразный, имеет глубокую суставную впадину, в которую входит полушаровидный мыщелок затылочной кости, образуя шаровидный сустав (рис. 38). Благодаря этому достигается хорошая подвижность головы во все стороны. В суставную впадину атланта входит зубовидный отросток второго шейного позвонка, который называется *эпистрофеем*.

Грудная часть позвоночного столба вместе с прикрепляющимися ребрами и грудной костью образует грудную клетку, в которой размещены легкие, сердце, крупные сосуды (рис. 39). Грудные позвонки малоподвижны. У кур первый и второй позвонки свободны, четвертый и пятый сросшиеся между собой, а их небольшие остистые отростки образуют сплошной гребень. Шестой позвонок свободен, седьмой — сращен с первым поясничным позвонком.

У гусей и уток свободны первый и восьмой позвонки, со второго по седьмой срослись между собой, а девятый сросся с первым поясничным позвонком.

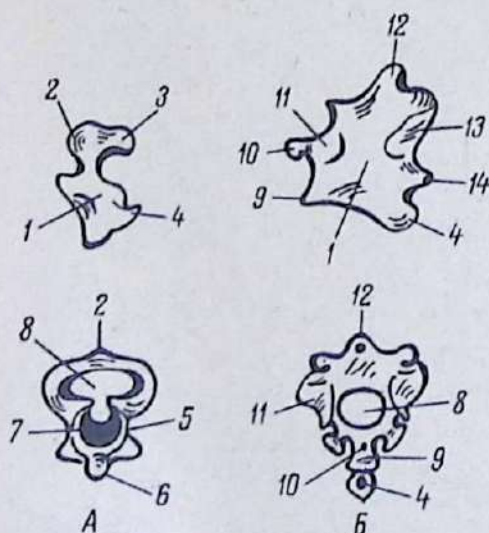


Рис. 38. Строение шейных позвонков:

А — атлант; Б — эпистрофей (вверху — вид сбоку, внизу — вид спереди); 1 — тело позвонка; 2 — верхняя дужка; 3 — задний суставной отросток; 4 — нижний гребень; 5 — продольная выемка; 6 — передняя часть нижнего гребня; 7 — передняя суставная ямка; 8 — позвоночное отверстие; 9 — передняя суставная поверхность; 10 — зубовидный отросток; 11 — передняя суставная седловидная поверхность; 12 — остистый отросток; 13 — задняя суставная седловидная поверхность; 14 — задняя ямка для сочленения с третьим позвонком.

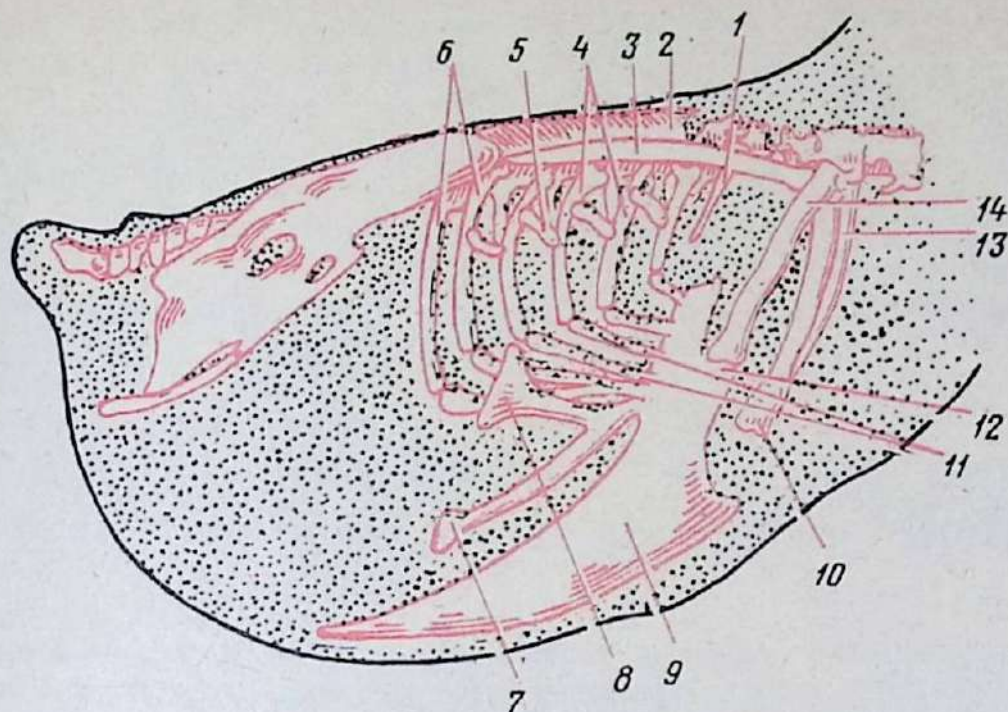


Рис. 39. Строение грудной клетки курицы:

1 — неполное ребро; 2 — гребень сросшихся остистых грудных позвонков; 3 — лопатка; 4 — позвоночная часть; 5 — крючковидный отросток; 6 — последние два (синсакральных) полных ребра; 7 — боковой и 8 — реберный отростки грудной кости; 9 — гребень грудной кости (киль); 10 — вилочковый отросток; 11 — суставные сочленения ребер с грудной костью; 12 — сустав между грудиной и коракоидом; 13 — вилочка; 14 — коракоид.

Тазовая часть у птиц состоит из крестцовой кости и сросшихся с ней костей таза (парные подвздошные, седалищные и лонные). Крестцовая кость образована одним грудным (последним), двумя поясничными, двумя истинными крестцовыми и шестью — восемью краниальными хвостовыми позвонками, которые срослись в процессе эволюции птицы.

В результате такого сочленения костей образовался прочный тазовый отдел, представляющий собой хорошую опору для задних конечностей.

Места их сращения можно различить лишь по межпозвонковым отверстиям, незначительным костистым гребешкам и соответствующим поперечным отросткам.

Хвостовая часть позвоночника состоит из 5—7 подвижных позвонков и соединенной с ними особой лемехообразной вверх загнутой косточки — *пигостилья*, который служит опорой для рулевых перьев хвоста.

Пигостиль образован несколькими видоизмененными сросшимися последними 4—6 хвостовыми позвонками.

Ребра. К отросткам тел грудных позвонков с каждой стороны прикрепляются ребра соответственно количеству позвонков (7—9). Ребра на проксимальном конце имеют хорошо развитую головку, соединяющуюся с телом позвонка, и бугорок для соединения с поперечным отростком того же позвонка (у птиц каждое ребро соединено только с

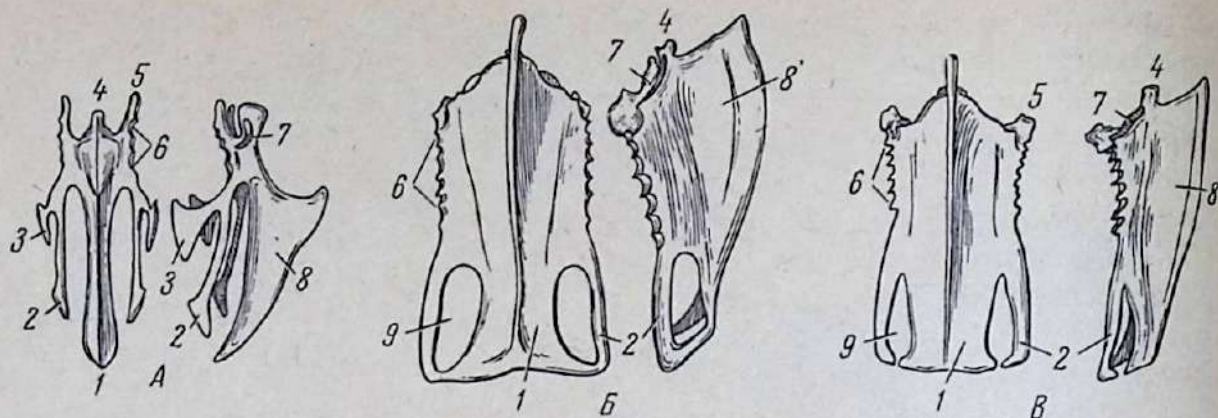


Рис. 40. Грудная кость:

А — курицы; Б — гуся; В — утки (вид снизу и сбоку); 1 — средний, 2 — большой и 3 — реберные отростки; 4 — шип грудины; 5 — краниолатеральный отросток; 6 — зубчатый край; 7 — ямки для сочленения с ребрами; 8 — гребень или киль; 9 — грудинная вырезка.

одним позвонком). Ребра разделяют на два вида: истинные и ложные. Истинные ребра одним концом соединяются с грудным позвонком, другим — с грудной костью. У кур истинные ребра соединены с позвонками с третьего по седьмой, а у гусей и уток — со второго по девятый.

Истинные ребра состоят из двух частей: вертебральной (позвоночной) и стеральной (грудинной), которые соединяются между собой суставами. Стеральная часть соответствует реберному хрящу млекопитающих. От каудального края истинных ребер отходят в дорсо-каудальном направлении крючковидные отростки, они придают грудной клетке большую прочность.

Ложные ребра соединяются у кур с первым и вторым позвонками, а у уток и гусей с первым грудным позвонком и оканчиваются в толще мышц брюшной стенки, не достигая грудной кости.

Грудная кость — легкая широкая костная пластинка. На вентральной поверхности ее имеется сильно развитый гребень, особенно он выражен у кур, индеек и цесарок (рис. 40). К грудной кости прикрепляются самые мощные мышцы тела, обеспечивающие движение крыльев. На краниальном крае кости имеются суставные поверхности для соединения с коракоидными костями и заостренный отросток в середине.

Каудально-грудная кость имеет три отростка: более широкий — средний и два узких — боковых. От краниальной части отходят в дорсо-каудальном направлении два реберных отростка.

Скелет конечностей. Различают грудные и тазовые конечности. Скелет конечностей, в свою очередь, имеет два отдела: пояс (плечевой или тазовый, соответственно для передней и задней конечности) и скелет свободной конечности.

Плечевой пояс хорошо развит и служит опорой для крыльев. Он состоит из лопатки, коракоидной кости и ключицы (рис. 41).

Лопатка — это длинная узкая саблевидная кость, прилегающая к ребрам; расположена параллельно позвоночному столбу и иногда

достигает тазового отдела позвоночника. В месте соединения лопатки с коракоидной костью образуется суставная ямка для головки плечевой кости. Лопатка имеет сравнительно большую поверхность для прикрепления мышц.

Коракоидная кость в области грудины расширена и входит расширенным концом в борозду краниального конца грудины, образуется сустав. Она соединяет плечевой пояс с грудной костью. Дорсальный конец коракоидной кости соединяется с лопаткой и ключицей. Обычно кость бывает пневматичной.

Ключица служит своего рода буфером, предохраняет туловище от толчков и сдавливания грудных мышц при взмахах крыльев. Левая и правая ключицы срастаются вентральными концами, принимая форму вилки; это образование так и называется вилкой. Располагаясь между лопатками и коракоидными костями и будучи эластичной, она действует, подобно пружине.

Скелет свободной грудной конечности представлен костями крыла. Крыло — это передняя конечность, видоизмененная в ходе длительного эволюционного развития птиц. Скелет крыла состоит из стволовой части (плечевой кости, предплечья) и концевой части (кисти).

Плечевая кость на проксимальном конце расширена и для прикрепления мышц имеет два бугорка: латеральный и медиальный. У последнего развит гребень. Под плоской овальной головкой плечевой кости на латеральном бугорке ее имеется отверстие для входа воздуха (рис. 42). Дистальный конец плечевой кости соединен двумя суставными отростками с костями предплечья.

Предплечье состоит из двух костей: локтевой, изогнутой, и лучевой, более прямой. Между последними есть широкая и длинная овальная межкостная щель предплечья. Локтевая кость имеет слабо развитый локтевой отросток.

Кисть включает в себя две кости запястья, три сросшиеся вместе пястные кости и три редуцированных пальца.

Тазовый пояс состоит из сросшихся между собой парных подвздошных, седалищных и лонных костей. Кости тазового пояса неподвижны, они служат для прикрепления задних конечностей, мышц и защищают внутренние органы от повреждений (рис. 43).

Подвздошная кость. Парные подвздошные кости самые большие из тазовых. Они располагаются длинной пластинкой, впереди — до каудальной части грудной области, а сзади — до хвостовой области. На вентральном крае подвздошной кости отростками образована вертлужная впадина для сочленения с головкой бедренной кости. Подвздошная кость заходит краниальным концом за последнее ребро и сливается со всей тазовой частью позвоночника и с подвздошной костью другой

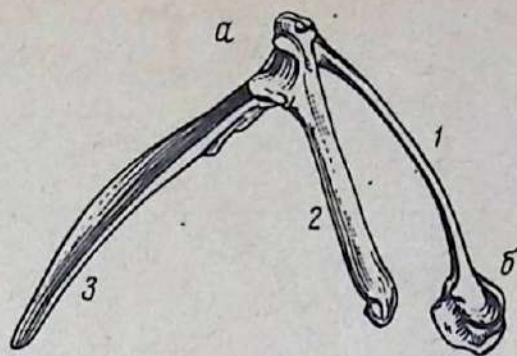


Рис. 41. Плечевой пояс курицы (вид справа):

1 — ключица (дужка или вилка); 2 — коракоидная, или воронья, кость; 3 — лопатка; а — суставная впадина; б — нижняя часть ключицы, соединяющаяся с ключицей другой стороны.

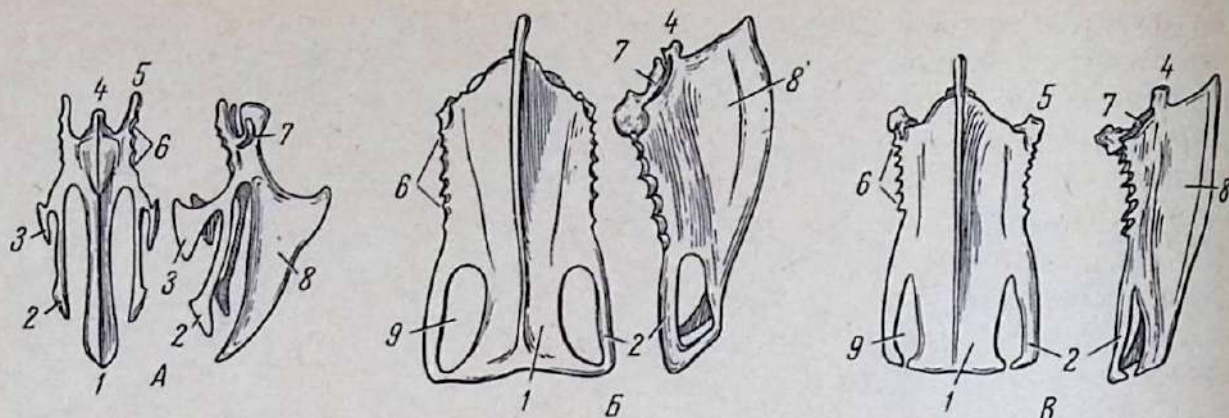


Рис. 40. Грудная кость:

А — курицы; Б — гуся; В — утки (вид снизу и сбоку); 1 — средний, 2 — большой и 3 — реберные отростки; 4 — шип грудины; 5 — краниолатеральный отросток; 6 — зубчатый край; 7 — ямки для сочленения с ребрами; 8 — гребень или киль; 9 — грудинная вырезка.

одним позвонком). Ребра разделяют на два вида: истинные и ложные. Истинные ребра одним концом соединяются с грудным позвонком, другим — с грудной костью. У кур истинные ребра соединены с позвонками с третьего по седьмой, а у гусей и уток — со второго по девятый.

Истинные ребра состоят из двух частей: вертебральной (позвоночной) и стеральной (грудинной), которые соединяются между собой суставами. Стеральная часть соответствует реберному хрящу млекопитающих. От каудального края истинных ребер отходят в дорсо-каудальном направлении крючковидные отростки, они придают грудной клетке большую прочность.

Ложные ребра соединяются у кур с первым и вторым позвонками, а у уток и гусей с первым грудным позвонком и оканчиваются в толще мышц брюшной стенки, не достигая грудной кости.

Грудная кость — легкая широкая костная пластинка. На вентральной поверхности ее имеется сильно развитый гребень, особенно он выражен у кур, индеек и цесарок (рис. 40). К грудной кости прикрепляются самые мощные мышцы тела, обеспечивающие движение крыльев. На краниальном крае кости имеются суставные поверхности для соединения с коракоидными костями и заостренный отросток в середине.

Каудально-грудная кость имеет три отростка: более широкий — средний и два узких — боковых. От краниальной части отходят в дорсо-каудальном направлении два реберных отростка.

Скелет конечностей. Различают грудные и тазовые конечности. Скелет конечностей, в свою очередь, имеет два отдела: пояс (плечевой или тазовый, соответственно для передней и задней конечности) и скелет свободной конечности.

Плечевой пояс хорошо развит и служит опорой для крыльев. Он состоит из лопатки, коракоидной кости и ключицы (рис. 41).

Лопатка — это длинная узкая саблевидная кость, прилегающая к ребрам; расположена параллельно позвоночному столбу и иногда

достигает тазового отдела позвоночника. В месте соединения лопатки с коракоидной костью образуется суставная ямка для головки плечевой кости. Лопатка имеет сравнительно большую поверхность для прикрепления мышц.

Коракоидная кость в области грудины расширена и входит расширенным концом в борозду краниального конца грудины, образуется сустав. Она соединяет плечевой пояс с грудной костью. Дорсальный конец коракоидной кости соединяется с лопаткой и ключицей. Обычно кость бывает пневматичной.

Ключица служит своего рода буфером, предохраняет туловище от толчков и сдавливания грудных мышц при взмахах крыльев. Левая и правая ключицы срастаются вентральными концами, принимая форму вилки; это образование так и называется вилкой. Располагаясь между лопатками и коракоидными костями и будучи эластичной, она действует, подобно пружине.

Скелет свободной грудной конечности представлен костями крыла. Крыло — это передняя конечность, видоизмененная в ходе длительного эволюционного развития птиц. Скелет крыла состоит из стволовой части (плечевой кости, предплечья) и концевой части (кисти).

Плечевая кость на проксимальном конце расширена и для прикрепления мышц имеет два бугорка: латеральный и медиальный. У последнего развит гребень. Под плоской овальной головкой плечевой кости на латеральном бугорке ее имеется отверстие для входа воздуха (рис. 42). Дистальный конец плечевой кости соединен двумя суставными отростками с костями предплечья.

Предплечье состоит из двух костей: локтевой, изогнутой, и лучевой, более прямой. Между последними есть широкая и длинная овальная межкостная щель предплечья. Локтевая кость имеет слабо развитый локтевой отросток.

Кисть включает в себя две кости запястья, три сросшиеся вместе пястные кости и три редуцированных пальца.

Тазовый пояс состоит из сросшихся между собой парных подвздошных, седалищных и лонных костей. Кости тазового пояса неподвижны, они служат для прикрепления задних конечностей, мышц и защищают внутренние органы от повреждений (рис. 43).

Подвздошная кость. Парные подвздошные кости самые большие из тазовых. Они располагаются длинной пластинкой, впереди — до каудальной части грудной области, а сзади — до хвостовой области. На вентральном крае подвздошной кости отростками образована вертлужная впадина для сочленения с головкой бедренной кости. Подвздошная кость заходит краниальным концом за последнее ребро и сливается со всей тазовой частью позвоночника и с подвздошной костью другой

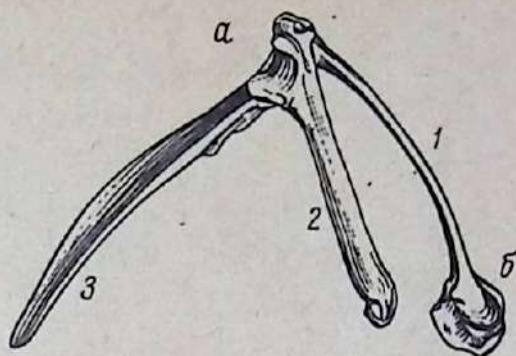


Рис. 41. Плечевой пояс курицы (вид справа):

1 — ключица (дужка или вилка); 2 — коракоидная, или воронья, кость; 3 — лопатка; а — суставная впадина; б — нижняя часть ключицы, соединяющаяся с ключицей другой стороны.

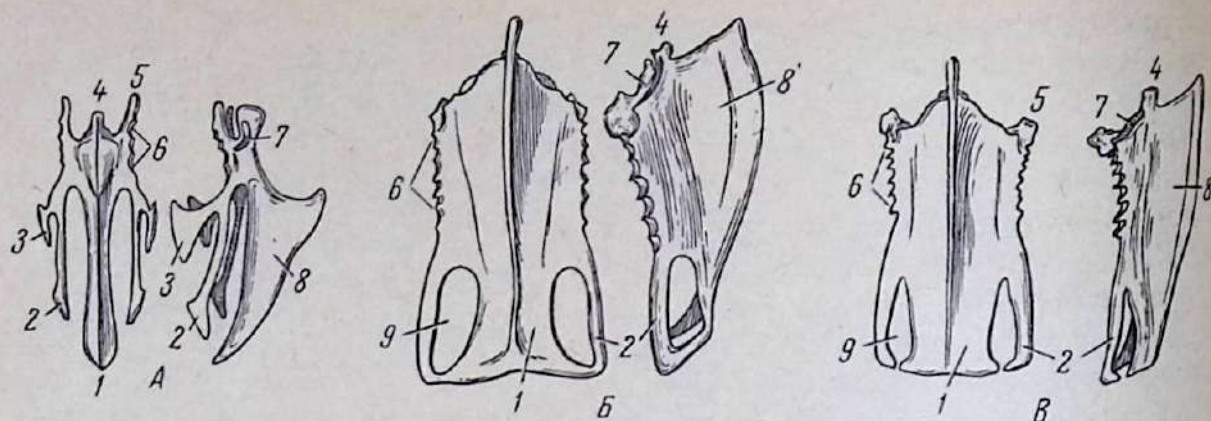


Рис. 40. Грудная кость:

А — курицы; Б — гуся; В — утки (вид снизу и сбоку); 1 — средний, 2 — большой и 3 — реберные отростки; 4 — шип грудины; 5 — краниолатеральный отросток; 6 — зубчатый край; 7 — ямки для сочленения с ребрами; 8 — гребень или киль; 9 — грудинная вырезка.

одним позвонком). Ребра разделяют на два вида: истинные и ложные. Истинные ребра одним концом соединяются с грудным позвонком, другим — с грудной костью. У кур истинные ребра соединены с позвонками с третьего по седьмой, а у гусей и уток — со второго по девятый.

Истинные ребра состоят из двух частей: вертебральной (позвоночной) и стернальной (грудинной), которые соединяются между собой суставами. Стернальная часть соответствует реберному хрящу млекопитающих. От каудального края истинных ребер отходят в дорсо-каудальном направлении крючковидные отростки, они придают грудной клетке большую прочность.

Ложные ребра соединяются у кур с первым и вторым позвонками, а у уток и гусей с первым грудным позвонком и оканчиваются в толще мышц брюшной стенки, не достигая грудной кости.

Грудная кость — легкая широкая костная пластинка. На вентральной поверхности ее имеется сильно развитый гребень, особенно он выражен у кур, индеек и цесарок (рис. 40). К грудной кости прикрепляются самые мощные мышцы тела, обеспечивающие движение крыльев. На краниальном крае кости имеются суставные поверхности для соединения с коракоидными костями и заостренный отросток в середине.

Каудально-грудная кость имеет три отростка: более широкий — средний и два узких — боковых. От краниальной части отходят в дорсо-каудальном направлении два реберных отростка.

Скелет конечностей. Различают грудные и тазовые конечности. Скелет конечностей, в свою очередь, имеет два отдела: пояс (плечевой или тазовый, соответственно для передней и задней конечности) и скелет свободной конечности.

Плечевой пояс хорошо развит и служит опорой для крыльев. Он состоит из лопатки, коракоидной кости и ключицы (рис. 41).

Лопатка — это длинная узкая саблевидная кость, прилегающая к ребрам; расположена параллельно позвоночному столбу и иногда

достигает тазового отдела позвоночника. В месте соединения лопатки с коракоидной костью образуется суставная ямка для головки плечевой кости. Лопатка имеет сравнительно большую поверхность для прикрепления мышц.

Коракоидная кость в области грудины расширена и входит расширенным концом в борозду краниального конца грудины, образуется сустав. Она соединяет плечевой пояс с грудной костью. Дорсальный конец коракоидной кости соединяется с лопаткой и ключицей. Обычно кость бывает пневматичной.

Ключица служит своего рода буфером, предохраняет туловище от толчков и сдавливания грудных мышц при взмахах крыльев. Левая и правая ключицы срастаются вентральными концами, принимая форму вилки; это образование так и называется вилкой. Располагаясь между лопатками и коракоидными костями и будучи эластичной, она действует, подобно пружине.

Скелет свободной грудной конечности представлен костями крыла. Крыло — это передняя конечность, видоизмененная в ходе длительного эволюционного развития птиц. Скелет крыла состоит из стволовой части (плечевой кости, предплечья) и концевой части (кисти).

Плечевая кость на проксимальном конце расширена и для прикрепления мышц имеет два бугорка: латеральный и медиальный. У последнего развит гребень. Под плоской овальной головкой плечевой кости на латеральном бугорке ее имеется отверстие для входа воздуха (рис. 42). Дистальный конец плечевой кости соединен двумя суставными отростками с костями предплечья.

Предплечье состоит из двух костей: локтевой, изогнутой, и лучевой, более прямой. Между последними есть широкая и длинная овальная межкостная щель предплечья. Локтевая кость имеет слабо развитый локтевой отросток.

Кисть включает в себя две кости запястья, три сросшиеся вместе пястные кости и три редуцированных пальца.

Тазовый пояс состоит из сросшихся между собой парных подвздошных, седалищных и лонных костей. Кости тазового пояса неподвижны, они служат для прикрепления задних конечностей, мышц и защищают внутренние органы от повреждений (рис. 43).

Подвздошная кость. Парные подвздошные кости самые большие из тазовых. Они располагаются длинной пластинкой, впереди — до каудальной части грудной области, а сзади — до хвостовой области. На вентральном крае подвздошной кости отростками образована вертлужная впадина для сочленения с головкой бедренной кости. Подвздошная кость заходит краниальным концом за последнее ребро и сливается со всей тазовой частью позвоночника и с подвздошной костью другой

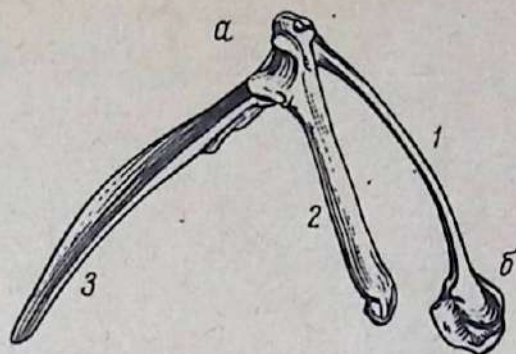


Рис. 41. Плечевой пояс курицы (вид справа):

1 — ключица (дужка или вилка); 2 — коракоидная, или воронья, кость; 3 — лопатка; а — суставная впадина; б — нижняя часть ключицы, соединяющаяся с ключицей другой стороны.

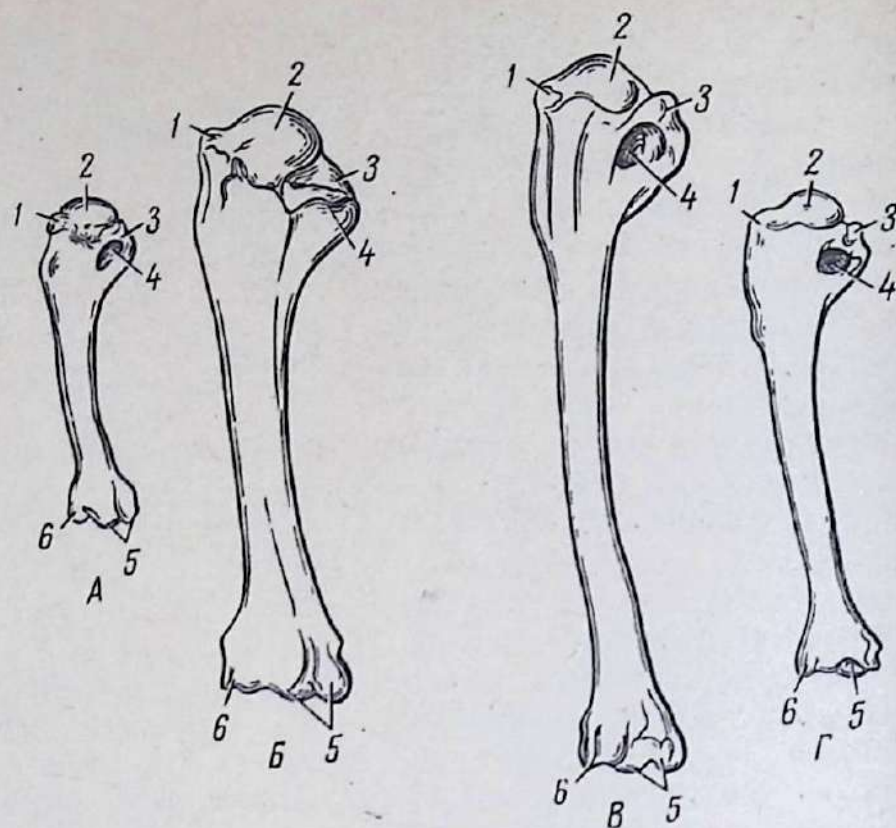


Рис. 42. Левая плечевая кость (вид снизу):

А — курицы; Б — индюка; В — гуся; Г — утки; 1 — латеральный мыщелок; 2 — суставная головка; 3 — медиальный мыщелок; 4 — ямка с пневматическими отверстиями; 5 — локтевой суставной блок; 6 — лучевой блок.

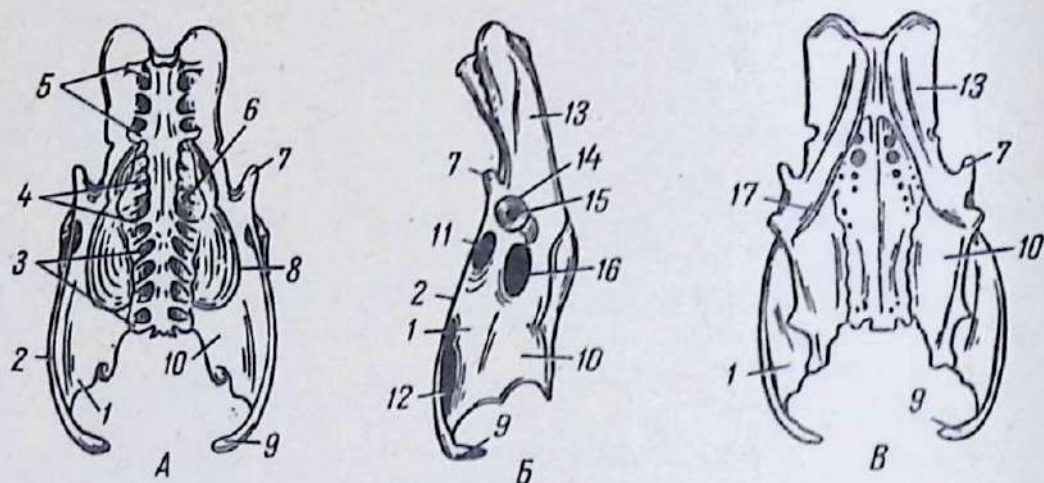


Рис. 43. Таз с крестцовой костью (курица):

А — снизу; Б — слева; В — сверху; 1 — седалищная, 2 — лонная и 3 — сросшиеся после-вертлужные кости; 4 — вертлужные и 5 — предвертлужные позвонки крестцовой кости; 6 — почечная ямка; 7 — отросток лонной кости; 8 — дуговидная линия, или вертлужный гребень; 9 — каудальный конец лонной кости; 10 — задняя часть подвздошной кости; 11 — передняя и 12 — задняя части закрытого отверстия; 13 — передняя часть подвздошной кости; 14 — вертлужная суставная впадина; 15 — отверстие на ее дне; 16 — седалищное отверстие; 17 — поперечный гребень наружной поверхности.

стороны, а вентрально — с седалищной костью. Между подвздошной и седалищной костями образуется овальное седалищное отверстие, где проходит седалищный нерв.

Седалищная кость является продолжением подвздошной кости и также сращена с позвоночным столбом.

Лонная кость расположена параллельно седалищной кости. Она начинается вентрально от суставной впадины и вместе с седалищной костью образует запертое овальное отверстие. У сельскохозяйственных птиц лонные кости не смыкаются. В период яйцекладки они разъединены больше обычного. Это используют птицеводы для выявления в стаде несущихся кур.

Скелет свободной тазовой конечности подразделяется на стволую часть, состоящую из бедренной кости, костей голени и конечной части (стопы).

Бедренная кость — короткая мощная трубчатая кость (рис. 44). Ее полушаровидная суставная головка сочленяется с суставной впадиной тазовых костей. На противоположном дистальном конце имеются два суставных выступа — мыщелки для соединения с костями голени. Краниально между мыщелками расположен суставной блок, по которому движется коленная чашка.

Голень состоит из малоберцовой кости, расположенной латерально, и большеберцовой, расположенной медиально (рис. 45).

Большеберцовая кость — самая длинная трубчатая кость. Дистальный конец ее сливается с проксимальным концом костей предплюсневого сустава, образуя два разделенных углублением суставных отростка, сочленяющихся с плюсневыми костями. Большеберцовая кость неправильной треугольной формы, на своем проксимальном

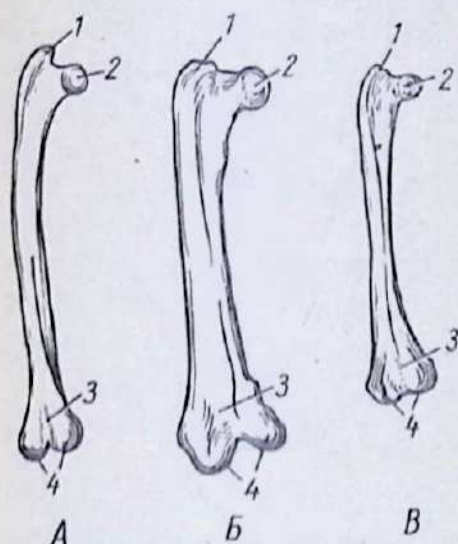


Рис. 44. Правая бедренная кость (вид спереди):

А — курицы; Б — гуся; В — утки; 1 — большой вертел; 2 — головка бедренной кости; 3 — блок для коленной чашечки; 4 — голенные мыщелки.

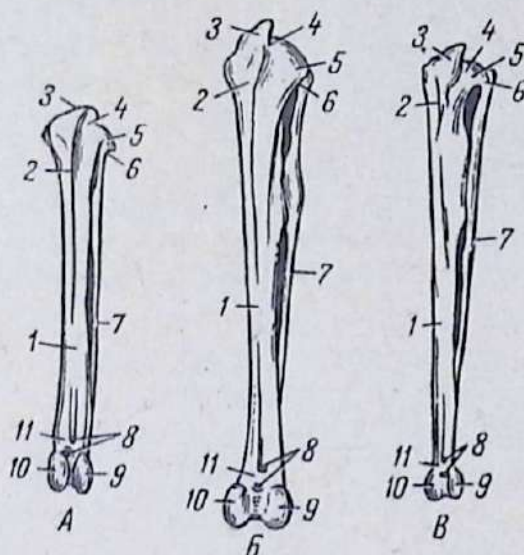


Рис. 45. Левые берцовые кости (вид спереди):

А — курицы; Б — гуся; В — утки; 1 — большеберцовая кость; 2 — голенный гребень; 3 — наружный отросток; 4 — мышечный желоб; 5 — внутренний отросток; 6 — головка малоберцовой кости; 7 — малоберцовая кость; 8 — канал для прохождения общего разгибателя пальцев; 9 — латеральный и 10 — медиальный мыщелки для сочленения с цевкой; 11 — костный мостик (межкостная щель зачернена).

сильно расширенном конце имеет два больших возвышения — мышечные отростки, к которым прикрепляются мышцы.

Малоберцовая кость имеет грифелеобразную форму. Проксимальным концом она участвует в образовании коленного сустава. Дистальный конец малоберцовой кости, прилегающий к латеральному краю большеберцовой кости, сращен с ней и вытянут в тонкое острие.

Коленная чашечка лежит впереди между обоими мыщелками бедренной кости и прикрепляется к проксимальному концу большеберцовой кости связкой из соединительной ткани.

Концевая часть тазовой конечности состоит из трех частей: костей предплюсневой сустава, плюсны и пальцев.

Кости предплюсневой сустава как самостоятельные у птиц отсутствуют. Они рано и полностью срастаются с большеберцовой костью (проксимальный ряд) или с плюсневыми костями (дистальный ряд).

Плюсневые кости образуются в результате слияния дистального ряда костей предплюсны со второй, третьей и четвертой плюсневыми костями в одну мощную «беговую» кость, которая оканчивается тремя мыщелками для второго, третьего и четвертого пальцев. Дистально от середины «беговой» кости, плантарно и несколько медиально к ней примыкает первая плюсневая кость; это единственная кость, оставшаяся свободной. Пятая плюсневая кость у птиц отсутствует, так как у них нет пятого пальца.

Пальцы. На тазовой конечности у птиц обычно четыре пальца. Три из них направлены вперед, а один (первый) — назад. Первый палец имеет две фаланги, второй — три, третий — четыре, четвертый — пять. Конец каждой фаланги снабжен роговидным когтем.

Соединение костей конечностей. На грудной конечности имеются четыре сустава: лопаточно-плечевой сустав образуется от сочленения концов лопатки и плечевой кости, а также ключицы и коракоидной кости; выполняет функции разгибания и сгибания, боковые движения ограничены мышцами. Локтевой сустав образован блоком плечевой кости, ямкой головки лучевой и отростком локтевой костей; сустав одноосный, способен только к разгибанию и сгибанию. Запястный сустав сравнительно упрощен благодаря тому, что кости запястья редуцированы, имеется только две кости: медиальная и латеральная. Пальцевые суставы соединяют фаланги пальцев. Суставы простые, одноосные, производят сгибание и разгибание пальцев.

На тазовой поверхности имеются тоже четыре сустава. Тазобедренный сустав простой, многоосный, образован суставной впадиной тазовой и головкой бедренной костей. Снаружи капсулы сустава имеется поперечная связка впадины, а внутри круглая связка, соединяющая головку бедренной кости с суставной впадиной тазовой кости. Коленный сустав сложный, одноосный, в нем различают суставы коленной чашечки и бедроберцовый. Сустав коленной чашечки образован блоком бедренной кости и коленной чашечкой, имеет две поперечные (латеральную и медиальную) связки коленной чашечки.

Бедроберцовый сустав образован мышелками бедренной кости и суставной площадкой большеберцовой кости. Между ними расположены два хрящевых мениска. Предплюсневый, или голенно-предплюсневый, сустав как самостоятельные кости у взрослых птиц отсутствуют, так как проксимальный их ряд срастается с большеберцовой костью, а дистальный — с плюсневыми костями. Благодаря этому у птиц имеется не плюсневый, как у млекопитающих животных, а простой голенно-плюсневый сустав. Такое устройство сустава значительно уменьшает опасность вывиха, растяжения, разрыва связок и перелома костей. Пальцевые суставы соединяют фаланги пальцев.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятий. 1. Ознакомиться с топографией, формой и строением костей скелета курицы. 2. Изучить отделы и области птицы с учетом костной основы их. 3. Изучить топографию и строение суставов, связок и характер движения в суставах.

Материалы и инструменты: муляжи, таблицы, скелет курицы, отдельные кости и в сочленении, тушки цыплят, скальпели, препаровальные иглы, лупы.

Задание 1. Ознакомиться с топографией и строением костей скелета. На скелете курицы вначале знакомятся с общим строением, а затем приступают к детальному изучению осевого скелета. При работе следует пользоваться материалами, изложенными в теоретической части. На скелете головы найти: мышелок затылочной кости; кости теменную, лобную, височную, носовую, надклевную, затылочную, небную, квадратную; барабанную полость.

Шейные позвонки. Ознакомиться со строением позвоночного столба и отдельными позвонками и зарисовать их. Подсчитать общее количество шейных позвонков у разных видов птиц. Обратит внимание на дорсальные остистые отростки позвонков, образующие гребень, а также на характер соединения ребер с позвонками и грудной костью.

Грудная кость. На краниальном крае грудной кости найти суставные поверхности для соединения с кораконидными костями, заостренный отросток в середине, а также реберные отростки, отходящие дорсо-каудально. Обследовать суставные ямки для соединения грудины с грудино-реберными костями.

Грудная клетка. Назвать, какими костями она образована. Сравнить ее размеры и форму у разных видов птиц.

Поясничные позвонки. Обратит внимание на их соединение с грудными и крестцовыми позвонками. Сосчитать количество поясничных и крестцовых позвонков у разных видов птиц.

Хвостовые позвонки. Указать особенность строения этих позвонков. Сравнить их количество у кур, гусей и уток.

Скелет поясов и свободных конечностей. Рассмотреть плечевой пояс, зарисовать. На скелете крыла найти плечевую, локтевую, лучевую кости, указать запястье, пясть, пальцы. Определить количество костей запястья и пясти. Обратит внимание на сросшиеся кости пясти. Осмотреть пальцы грудной конечности (крыла) и обратит внимание на их размер. Подсчитать количество пальцев и фаланг в них. Зарисовать все кости крыла и обозначить их название.

Кости тазовой конечности. Найти подвздошную, лонную, седалищную кости. Рассмотреть сращение лонных костей, овальное седалищное отверстие. Зарисовать кости тазового пояса. Определить стволую и концевую части тазовой конечности. Указать бедренную кость. На дистальном конце ее найти два выступа — мышелки, которыми бедро соединяется с костями голени. Найти и рассмотреть место расположения коленной чашечки. Рассмотреть кости, составляющие голень. Зарисовать и обозначить кости, составляющие стволую отдел тазовой конечности. Рассмотреть сращение костей предплюсневой сустава с большеберцовой костью. Найти свободную (первую) плюсневую кость и место сращения (II—IV) плюсневых костей в области дистального конца (суставные мышелки). Рассмотреть пространственное расположение пальцев. Определить число пальцев и количество в них фаланг.

Соединение и строение костей. На тушке птицы изучить строение и расположение суставов. Строение костей изучить на продольных и поперечных распилах; осмотреть расположение компактного и губчатого слоев кости. Обратить внимание на строение и расположение медуллярного костного вещества.

Задание 2. *Найти и изучить отделы и области тела птицы с учетом их костной основы.* Указать на птице створовую часть и конечности. Найти отделы створовой части: головной, шейный, грудной, тазовый, хвостовой и хрящевые образования. Найти и назвать кости, составляющие различные отделы скелета.

МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА

Мышечная система, или мускулатура, состоит из отдельных мышц (мускулов), способных сокращаться и перемещать кости, к которым они прикреплены, и другие части тела. Мышцы являются активной частью системы органов движения. Они делятся на две группы: соматические и висцеральные.

Соматические мышцы. Большая часть этих мышц соединяется с костями, и поэтому их еще называют скелетными; они состоят из поперечнополосатой мышечной ткани. Соматические мышцы имеют свойство произвольного движения — подчинены воле птицы. **Висцеральные мышцы** состоят главным образом из гладкой мышечной ткани и реже поперечнополосатой. Они входят в состав кровеносных сосудов, внутренних органов (пищеварения, выделения, размножения, дыхания и др.), а также мышц, приводящих в движение челюсти, язык и перья (истинные, перьевые мышцы).

Мышца как орган. *Скелетная мышца* — это орган произвольного движения; осуществляемый им двигательный эффект происходит в ответ на нервные импульсы, которые возникают в центральной нервной системе. Каждая мышца имеет определенную форму и состоит из тканей поперечнополосатой мышечной, соединительной, нервной. С поверхности мышца одета общей оболочкой из плотной соединительной ткани. От оболочки внутрь отходят перегородки в виде пластинок тонкой соединительной ткани. Они покрывают отдельные мышечные волокна и объединяют их в тонкие и толстые пучки. В этих соединительных перегородках проходят к общей оболочке кровеносные сосуды, нервы, а также в них откладывается жировая ткань при обильном кормлении птицы.

Мышечные волокна, заостряясь, переходят в сухожильные волокна, имеющие вид отдельных пучков из соединительной ткани, которые своими концами переходят в надкостницу или другие ткани, например в хрящ, кожу. Сухожилиями мышечные волокна прикрепляются к органам, которые они приводят в движение. В зависимости от общей массы мышц, жировой прослойки и соотношения сухожилий и мышечной ткани количество и качество мяса бывают различными.

В мышцах и сухожилиях заложены многочисленные окончания двигательных (эффекторы) и чувствительных (рецепторы) нервов. Первые осуществляют передачу возбуждения от центральной нервной системы на мышцу, вторые сигнализируют в центральную нервную систему о степени напряжения мышц. Все произвольные движения мышц взаимосвязаны и регулируются нервными центрами, благодаря

чему птица обладает способностью производить сложные и быстрые движения, менять силу напряжения мышц применительно к виду работы. В остоле, общей оболочке и пластинках имеется большая сеть мелких кровеносных сосудов, обеспечивающих кровообращение и доставку питательных веществ в мышцы.

Типы мышц. Мышцы, которые выполняют одни и те же движения, называются **синергистами**, а действующие в противоположном друг другу направлении — **антагонистами**. Тем не менее в организме достигаются плавность движения и слаженная работа мышц и костей скелета. В зависимости от выполняемой функции и строения выделяют мышцы **динамического типа**, состоящие из длинных мышечных волокон, совершающих большую работу, и **мышцы статического типа**, которые имеют короткие пучки мышечных волокон и приспособлены для фиксации, удержания органов. Имеются и **промежуточные формы** мышц между статическими и динамическими.

Форма мышц зависит от их функции; различают пластинчатые, кольцеобразные и веретенообразные мышцы.

По функции мышцы разделяют на сгибатели, разгибатели, отводящие, приводящие, вращатели, суживатели, сжиматели, расширители, напрягатели, фиксаторы, подниматели и опускающие крыла.

Сгибатели (флексоры) располагаются внутри угла, образуемого костями, при сокращении они уменьшают данный угол.

Разгибатели (экстензоры) проходят через вершину угла, образуемого костями, при своем сокращении они увеличивают этот угол.

Отводящие (абдукторы) мышцы расположены на боковой (латеральной) стороне конечности, **приводящие (аддукторы)** — на медиальной.

Вращатели (ротаторы) расположены на боковой стороне туловища или конечности косо по отношению к рычагу (кости), на который они действуют. Из них одни мышцы вращают переднюю сторону конечности наружу, в боковую сторону, а другие — в медиальную.

Сжиматели (сфинктеры) — круговые мышцы, не имеют прикрепления на костях; сокращаясь, они закрывают естественные отверстия. К этой же группе мышц относятся и **суживатели (констрикторы)**. В отличие от сжимателей они могут иметь другую форму, прикрепляться на хрящах. Сокращаясь, они уменьшают просветы хоан, кровеносных сосудов, глотки и др.

Расширители (дилататоры) — одним концом прикрепляются к хрящам или костям, а вторым вплетаются в радиальном направлении в запиратели или суживатели и тем самым частично или полностью открывают соответствующее отверстие.

Напрягатели (тензоры) вплетены в фасции и натягивают их, не позволяя собираться им в складки.

Фиксаторы удерживают (фиксируют) суставы в определенном положении.

Мышцы могут выполнять несколько функций или менять их, особенно эти изменения наблюдаются у мышц конечностей.

Вспомогательные приспособления мышц. К этим органам относятся: фасции, связки, бursы, синовиальные влагалища, сухожилия и сесамовидные кости. Они уменьшают трение и улучшают условия работы мышц.

Фасция — оболочка из плотной фиброзной ткани, в которую заключены отдельные мышцы или группа их. Фасции бывают поверхностные и глубокие. Поверхностные фасции отделяют мышцы от кожи, внутренние (глубокие) прикрепляются к костям и удерживают мышцы в определенном положении, а также изолируют их друг от друга.

Бursы, или синовиальные сумки, — это тонкостенные плоские мешочки из соединительной ткани, заполненные слизью, подобной синовиальной. Бursы расположены под мышцами или сухожилиями, в местах, где они проходят над выступами костей.

Сухожильные влагалища — это длинные цилиндрические мешочки, окружающие сухожилия. Построены они из наружного фиброзного слоя и внутренней синовиальной оболочки, выделяющей жидкость, подобную синовию.

Сесамовидные кости — это окостеневшие сухожилия в местах наибольшего напряжения; выполняют функции блоков, встречаются в коленном суставе. Например, коленная чашечка представляет собой окостеневший участок сухожилия разгибателя коленного сустава.

Особенности мышц птиц. В отличие от мышц млекопитающих мышцы птиц бедны соединительной тканью, более плотные, темные и имеют тонкие волокна. Это связано с особенностью их строения, более интенсивным кровоснабжением и обменом веществ. Группы мышц в свежем виде не имеют резкого различия по окраске, а после кипячения одни из них становятся белыми (грудные мышцы), другие — темными (мышцы конечностей). У отдельных видов диких птиц они принимают коричнево-серую или буровато-коричневую окраску. Поэтому условно принято разделять мышцы птиц на белые и красные.

Белые мышцы имеют относительно крупные мышечные волокна с большим количеством миофибрилл и малым количеством саркоплазмы и миоглобина. Данные мышцы могут часто сокращаться, но они быстро утомляются; это связано с малой двигательной активностью. К ним относятся грудные мышцы куриных.

Красные мышцы имеют тонкие длинные более узкие мышечные волокна с относительно большим содержанием саркоплазмы и миоглобина. Мышечные волокна их более мелкие, с ядрами, расположенными ближе к периферии. Красные мышцы сокращаются относительно медленнее, но они более сильные и меньше утомляются.

У кур яйценоских пород мышцы плотнее, чем у мясных кур. У гусей и уток мышцы темнее, чем у кур и индеек.

Сухожилия у птиц длинные и очень рано на большей части своей длины окостеневают; только в местах прикрепления к костям они остаются мягкими.

В зависимости от возраста, вида и кормления птиц **общая**

м а с с а м ы ш ц изменяется. У кур мясных пород она больше, чем у яйценоских. Общая масса мышц относительно тушки составляет у кур 42—45%, у индеек 52—54, у уток 40—43, у гусей 48—50%; масса мышц к массе костяка относится как 2,2—2,4:1. Из всех мышц наиболее развиты мышцы груди и ног. Мышцы груди составляют 45—50% общей массы мускулатуры. В составе мышц имеются белки, жиры, углеводы, минеральные вещества (табл. 5).

Т а б л. 5. Количество жира и мышц (в % к массе потрошенной тушки), химический состав средней пробы гомогената мышц, кожи, подкожного жира и сальника (по Б. Никитину)

Вид и возрастная группа птицы	Категория ути-танности	Количество жировой ткани, % к массе тушки			Масса мышц, % к массе тушки	Содержание в гомогенате, %			
		общая	подкожная	сальника		воды	жира	белка	соли
Куры	1	11,2	5,9	5,1	44,3	65,5	13,7	19,8	1,0
	2	2,1	1,1	1,1	52	70,9	6,8	21,4	0,9
Цыплята	1	4,4	2,2	2,2	52	67,5	11,5	19,8	1,2
	2	1,0	0,5	0,5	50	72,1	4,0	22,8	1,1
Индейки	1	10,6	8,2	2,4	58	60,0	9,1	19,9	1,0
	2	2,9	1,5	1,4	54	66,8	8,0	24,0	1,2
Индюшата	1	2,7	2,7	—	59	68,4	8,2	22,5	0,9
	2	—	—	—	56	70,6	3,3	25,1	1,0
Цесарки	1	11,7	9,5	2,2	53,7	61,1	2,1	16,9	0,9
	2	0,4	0,4	—	5,9	71,4	7,1	20,5	1,0
Утки	1	11,0	8,8	3,0	34	49,4	37,0	13,0	0,6
	2	2,4	1,3	0,7	43	58,7	22,9	17,5	0,9
Утята	1	6,4	3,7	2,7	34	56,6	26,8	15,8	0,8
	2	2,1	1,9	0,2	35	63,0	19,2	16,9	0,9
Гуси	1	10,0	5,5	4,5	43,7	48,9	38,1	12,2	0,8
	2	3,9	2,5	1,4	42	59,4	22,8	16,9	0,9
Гусята	1	6,2	4,3	2,4	40,3	52,9	29,8	16,8	0,5
	2	2,6	1,6	1,2	45,5	67,6	11,4	20,3	0,7
Голуби	—	—	—	—	—	60,6	18,6	19,7	1,1

Тушки первой категории содержат больше жира и меньше белка в сравнении с показателями тушек второй категории. В тушках молодняка птицы относительно больше воды, белка и меньше жира. Наибольшее содержание жира в мясе уток и гусей, а соотношение мышц к массе потрошенной тушки у кур, индеек, цесарок.

По месту расположения и выполняемым функциям мышцы разделяют на мышцы кожи, головы, шеи, туловища, конечностей.

Мышцы кожи тонкие, но очень подвижные. Их особенно много в области туловища, шеи, головы, затылка, горла. Они обеспечивают движение кожи и перьев, поднимают и частично изменяют направление их. Кожные мышцы напрягают летательные перепонки и приводят их в движение. В поднимании (взъерошивании) контурных перьев принимают участие также и поверхностные мышцы туловища и конечностей: трапецевидная, широчайшая спины, грудная. Мышцы маховых перьев начинаются на скелете крыла и оканчиваются на основании этих перьев.

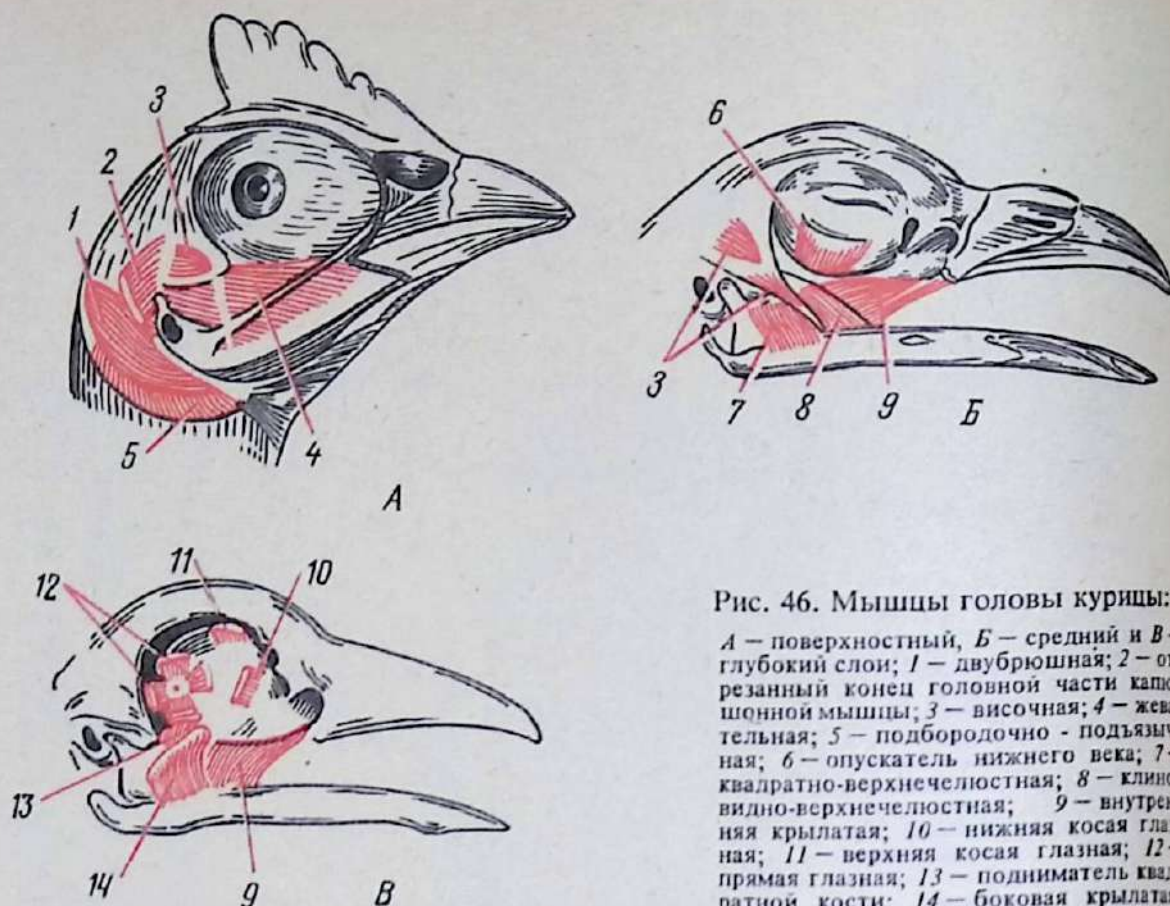


Рис. 46. Мышцы головы курицы:

А — поверхностный, Б — средний и В — глубокий слои; 1 — двубрюшная; 2 — отрезанный конец головной части капюшонной мышцы; 3 — височная; 4 — жевательная; 5 — подбородочно-подъязычная; 6 — опускающий нижнего века; 7 — квадратно-верхнечелюстная; 8 — клиновидно-верхнечелюстная; 9 — внутренняя крылатая; 10 — нижняя косая глазная; 11 — верхняя косая глазная; 12 — прямая глазная; 13 — поднимающий квадратной кости; 14 — боковая крылатая.

Мышцы рулевых перьев одним концом прикреплены к тазу и хвостовому концу позвоночника, а другим — к основанию рулевых перьев.

Мышцы головы развиты слабо. К ним относятся мышцы челюстные, подъязычной кости и языка, гортани, глазного яблока и век (рис. 46).

Челюстные мышцы разделяются на открывающие и закрывающие клюв или опускающие и поднимающие подклювье. Мышцы, открывающие клюв, направляются от аборальной части черепа к отростку подклювья, лежащему аборально от квадратной кости (за точкой опоры подклювья). Мышцы, поднимающие подклювье, начинаются также на черепе (кости теменные и височные) и оканчиваются на нижнечелюстной кости.

К группе челюстных мышц относятся: височная, наружная жевательная (массетер, развит слабо) и внутренняя жевательная мышцы, а также раскрывающие клюв, поднимающие квадратную кость, мышцы подъязычной кости, языка, гортани, глазного яблока. Указанная группа челюстных мышц обеспечивает определенные двигательные функции. Например, наружная жевательная мышца (массетер) соединяет надклювье с подклювьем, внутренняя жевательная прижимает нижнюю часть клюва к верхней и соединяет клиновидную кость с нижней челюстью; мышцы подъязычной кости поднимают язычную кость, а вместе с ней и язык; мышцы гортани поднимают и расширяют гортань и дыхательное горло, суживают голосовые щели;

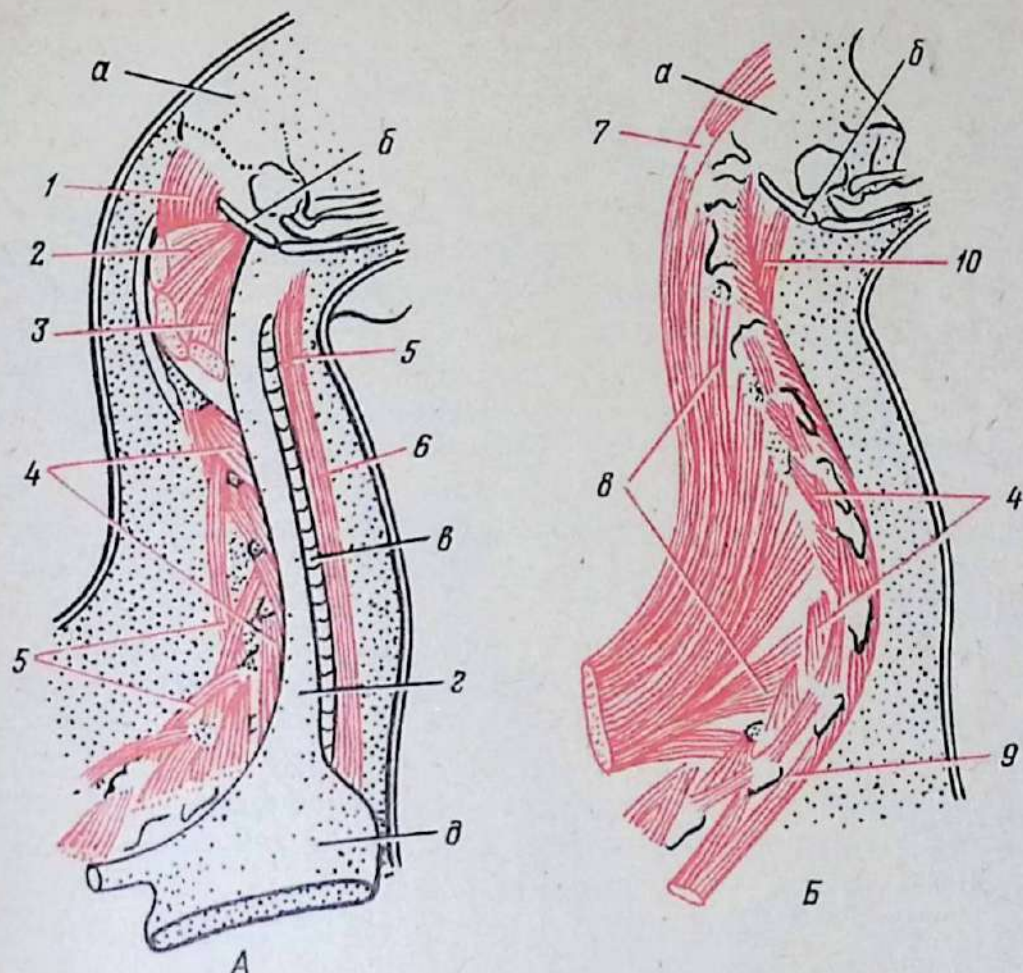


Рис. 47. Мышцы шеи курицы:

А — глубокие; Б — поверхностные; а — затылочная кость; б — конечный участок ветви подъязычной кости; в — трахея; г — пищевод; д — зуб; 1 — большая верхняя прямая мышца головы; 2 — сложная; 3 — латеральная прямая головная; 4 — многораздельная шеи; 5 — межкостные; 6 — трахеи; 7 — двубрюшная шейная; 8 — остистая; 9 — длинная шеи; 10 — прямая нижняя головы.

мышцы глаза поднимают верхнее и опускают нижнее веки, растягивают мигательную перепонку по роговице.

Мышцы шеи. Степень развития отдельных мышц шеи зависит от выполняемой ими функции. Мышцы шеи, идущие к голове, сильно расчленены, что позволяет совершать головой сложные движения (рис. 47).

К группе мышц шеи относятся разгибатели и сгибатели головы, разгибатели и сгибатели шеи, межпоперечные мышцы шеи.

Разгибатели головы: двубрюшная мышца шеи, треугольная, или ремнеобразная, мышца головы, а также большая и мелкая дорсальные прямые мышцы головы; все эти мышцы, сокращаясь, выпрямляют (разгибают) голову.

Сгибатели головы: большой и малый, а также боковой сгибатель головы, верхняя и малая нижняя прямые мышцы головы, длинный мускул шеи; эти мышцы, сокращаясь, сгибают голову.

Межпоперечные мышцы способствуют вращению шеи.

Мышцы туловища. К этой группе относятся мышцы спины, грудной клетки, брюшной стенки, хвоста и диафрагма (рис. I).

Мышцы спины. К ним относятся: полуостистая мышца спины и шеи, состоящая из небольших мышечных пучков, расположенных между остистыми и поперечными отростками последних шейных и всех грудных позвонков; длинная мышца спины, в которую входит и крестцово-поясничная, она фиксирует ребро, идет вдоль позвоночного столба, начинается от черепа и заканчивается на крестцовой кости; длинная остистая мышца располагается на остистых отростках грудных позвонков, участвует в разгибании позвоночного столба; поперечная мышца лонных костей помещается между лонными костями и соединяет их. Другие мышцы участвуют в управлении движением плечевого и тазового поясов, и о них будет сказано в подразделе «Мышцы конечностей».

Мышцы грудной клетки пластинчатого строения. К ним относятся мышцы—инспираторы и экспираторы, а также поперечная грудная мышца, ключично-трахеальная, грудино-трахеальная, диафрагмальная.

Мышцы-инспираторы, или вдыхатели: межреберные короткие мышцы расположены между ребрами; подниматели ребер в виде коротких пучков соединяют верхние концы ребер; лестничная мышца начинается на первых ребрах и оканчивается на последнем шейном позвонке; длинные мышцы при сокращении оттягивают ребра вперед и в сторону. С помощью мышц-инспираторов осуществляется расширение грудной клетки и происходит вдох (рис. 48).

Мышцы-экспираторы, или выдыхатели: хорошо развитые межреберные внутренние мышцы, они треугольной формы, лежат под наружными межреберными мышцами. Сокращаясь, эти мышцы оттягивают ребра внутрь и назад, в результате чего грудная клетка сокращается в объеме и происходит выдох. Поперечная треугольная мышца грудной кости расположена на грудной кости и своим сокращением частично способствует ее движению (рис. 49).

Движение трахеи осуществляют ключично- и грудино-трахеальные мышцы.

У птиц имеется две слабо развитые **диафрагмы**: легочная и грудобрюшная. Легочная диафрагма прикреплена к нижней поверхности легкого, имеет отверстия для прохода бронхов. По форме она напоминает треугольник, прикрепленный вершиной к легким. Легочная диафрагма разделяет грудную полость на верхнюю и нижнюю части. Грудобрюшная диафрагма перепончатая. Она расположена между печенью и воздухоносными мешками грудной клетки и в отличие от млекопитающих животных не полностью отделяет брюшные органы от легких. Диафрагма прикрепляется к позвоночному столбу сухожилием, а к ребрам — небольшим количеством мышечных волокон.

Мышцы брюшной стенки представляют собой тонкие и слабые пласты. К ним относятся: наружная и внутренняя косые брюшные мышцы, поперечная и прямая брюшные мышцы.

Мышцы хвоста развиты хорошо. Главные мышцы — подниматели и опускатели хвоста. При их сокращении хвост двигается в сторону действующей мышцы. К боковым мышцам хвоста относятся:

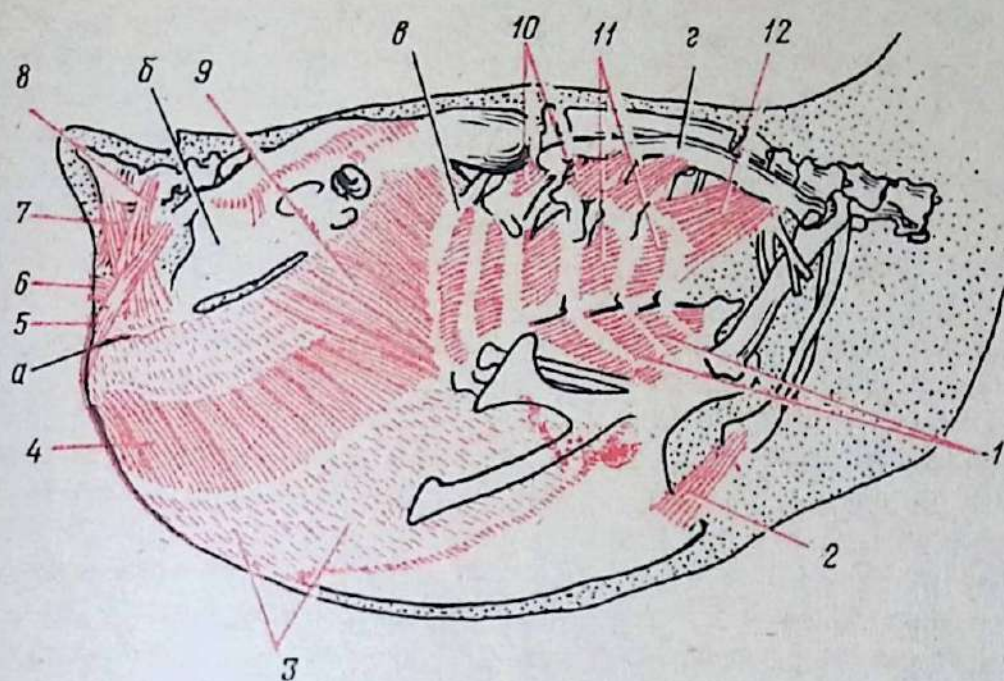


Рис. 48. Средний слой мышц туловища курицы:

a — лонная кость; *b* — седалищная кость; *e* — последнее полное ребро; *г* — лопатка; 1 — реберно-грудные мышцы; 2 — грудино-ключичная связка; 3 — плечевой апоневроз прямой брюшной мышцы; 4 — мышечные апоневрозы брюшной мышцы; 5 — подниматель клоаки; 6 — поперечно-анальная мышца; 7 — внутренняя и 8 — наружная лонно-хвостовая мышцы; 9 — внутренняя брюшная мышца; 10 — подниматель ребра; 11 — наружные межреберные мышцы; 12 — наклонный подниматель ребра.

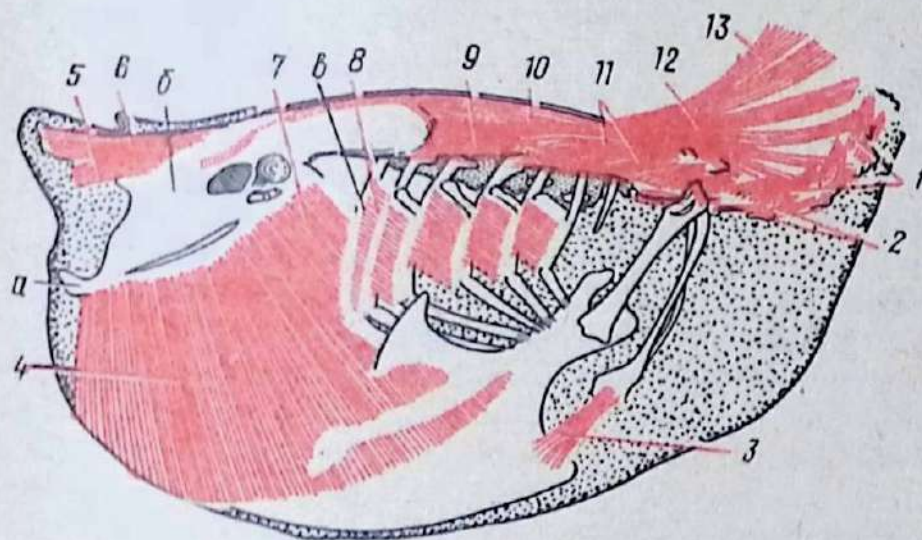


Рис. 49. Глубокие мышцы туловища и шеи курицы:

a — задний конец лонной кости; *b* — седалищная кость; *e* — последнее полное ребро; 1 — многораздельная мышца; 2 — межпоперечные мышцы; 3 — грудино-ключичная связка; 4 — задняя часть поперечной брюшной мышцы; 5 — боковой и 6 — верхний подниматели пигостия; 7 — передняя часть поперечной брюшной мышцы; 8 — внутренние межреберные мышцы; 9 — задняя часть реберно-подвздошной мышцы и длиннейшая мышца спины; 10 — остистая мышца спины; 11 — многораздельная мышца спины; 12 — остистая и 13 — двубрюшная мышцы шеи.

лонно-хвостовая (самая нижняя из хвостовых мышц), седалищно-хвостовая, бедро-хвостовая, или двойничная, нижняя мышца. Последняя является поверхностной и самой длинной из боковых мышц хвоста. Мышцы, управляющие рулевыми перьями, следующие: мышца, поднимающая рулевые перья, и мышца, отводящая наружные рулевые перья. У птиц имеется самостоятельная мышца, сжимающая клоаку.

Мышцы конечностей выполняют функции сгибания и разгибания суставов, а также отведения и приведения конечностей. Мышцы конечностей разделяются на группу мышц грудной и тазовой конечностей.

Мышцы грудной конечности делятся на две группы: мышцы плечевого пояса и грудной конечности.

Мышцы плечевого пояса. К ним относятся мышцы, управляющие движением плечевого пояса и обуславливающие движение крыльев. Эти мышцы оканчиваются на грудной конечности. К данной группе относятся мышцы: грудные, треугольная мышца лопатки (трапецевидная), ромбовидная, большая и малая ventральные зубчатые, подключичная, реберно-коракоидная, широкая мышца спины.

Грудные мышцы наиболее развиты из всех мышц плечевого пояса. Они начинаются на грудной кости и ее гребне, ключице, а оканчиваются на плечевой кости. Эти мышцы обеспечивают главные движения крыльев. Грудные мышцы разделяются на большую, среднюю и малую. Наиболее развита из них большая грудная мышца, которая является главным спускателем плечевой кости. Грудные мышцы обеих сторон туловища очень тесно соприкасаются друг с другом на средней линии гребня; вместе взятые, они часто весят столько же, сколько вся остальная мускулатура птицы. Благодаря направленной селекции птицеводами созданы мясные линии птиц (плимутрок, корниш и др.), которые имеют сильно развитые грудные мышцы, что в основном и определяет общую массу этих птиц и отличает их от птиц яйценоских линий. У последних грудные мышцы развиты относительно слабо.

Треугольная мышца лопатки (трапецевидная) приводит в движение крыло, она прикрепляется к лопатке. Большая ventральная зубчатая мышца осуществляет движение лопатки в вентро-каудальном направлении. Реберно-коракоидная мышца оттягивает коракоид ventрально и помогает ему при содействии упругой вилки сохранять свое положение при полете в противовес прижатию коракоида внутрь силой больших грудных мышц; она отходит пучками от крючковатых отростков ребер.

Подключичная мышца совместно с реберно-коракоидной мышцей отводит и поворачивает крыло, идет от дорсального угла грудной кости к коракоиду.

Широкая мышца спины во время полета отводит плечо назад и удерживает птицу в горизонтальном положении. Мышца расположена на дорсальной стороне туловища и плечевого пояса и идет к крылу.

К мышцам грудной конечности относятся: подниматели плеча, разгибатели и сгибатели локтевого сустава, мышцы, поворачивающие кости предплечья, мышцы запястного сустава, летательной перепонки и пальцев (рис. 50).

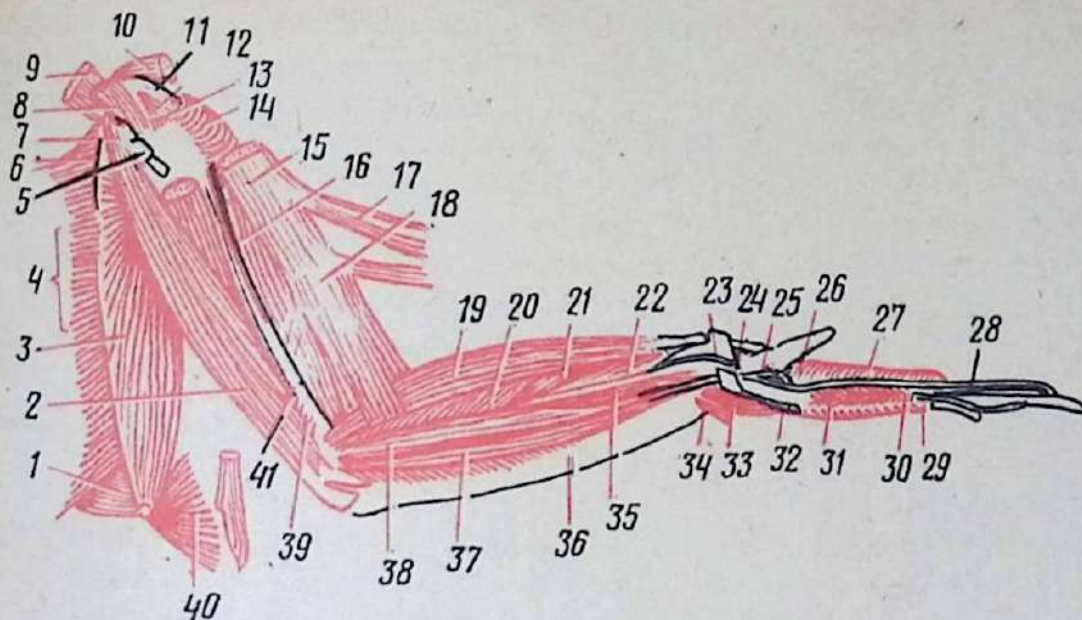


Рис. 50. Мышцы правого крыла (с латеральной стороны):

1 — глубокая и 2 — поверхностная ромбовидные мышцы; 3 — поверхностная зубчатая спины; 4 — лопаточно-локтевая; 5 — латеральная лопаточно-плечевая связка; 6 — лопатка; 7 — сухожилие подключичной мышцы; 8 — малая и 9 — большая дельтовидные мышцы; 10 — пропобитальная часть дельтовидной мышцы; 11 — сухожилие двуглавой мышцы плеча; 12 — передняя клювовидно-плечевая мышца; 13 — малая дельтовидная; 14 — большая грудная (крыловая часть); 15 — часть дельтовидной мышцы; 16 — двуглавая мышца плеча; 17 — длинное и 18 — короткое сухожилия передней летательной перепонки; 19 — лучевой разгибатель запястья; 20, 21 — радиальные мышцы; 22 — длинный разгибатель первого пальца; 23 — наружная связка запястья; 24 — короткий разгибатель первого пальца; 25 — сухожилие общего разгибателя пальцев; 26 — сгибатель и 27 — разгибатель второго пальца; 28 — сухожилие длинного разгибателя второго пальца; 29 — сгибатель и 30 — разгибатель третьего пальца; 31 — межкостная мышца; 32 — латерально-локте-пястная связка; 33 — латеральная и 34 — медиальная головки дорсальной локте-пястной мышцы; 35 — длинный разгибатель второго пальца; 36 — локтевая кость; 37 — пястно-локтевой разгибатель; 38 — общий разгибатель пальцев; 39 — наружная головка плечевой части локтевой мышцы; 40 — поверхностная зубчатая мышца спины; 41 — плечевая кость.

Мышцы грудной конечности осуществляют подъем и опускание плеча, сгибание и разгибание локтевого сустава, поворачивают кости предплечья, сокращают и распределяют летательные перепонки, приводят в движение пальцы.

К поднимателям плеча относятся большая, средняя и малая дельтовидные мышцы, они поднимают и поворачивают крыло; начинаются сухожилием на кости лопатки и оканчиваются на шероховатой поверхности плечевой кости.

Разгибатели локтевого сустава: длинный короткий и малый разгибатели.

Сгибатели локтевого сустава: двуглавая мышца плеча (у птиц имеет только одну головку).

Кроме того, имеются короткий и глубокий сгибатели предплечья.

Мышцы, поворачивающие кости предплечья: мышца, поворачивающая кости предплечья в латеральную сторону, и длинная и короткая мышцы, поворачивающие кости предплечья в медиальную сторону.

Мышцы запястного сустава по функции разделяются на разгибатели и сгибатели.

Разгибатели запястного сустава. Длинный лучевой разгибатель запястья по форме напоминает конус; широким основанием прикрепляется к подмышечке плечевой кости, а узким — к пясти. Локтевой разгибатель запястья начинается на латеральном подмышечке плечевой кости и оканчивается на пястной кости.

Сгибатели запястья. Лучевой сгибатель запястья начинается на сгибательном подмышечке плечевой кости и оканчивается на третьей пястной кости, тянется по медиальной поверхности лучевой кости. Локтевой сгибатель запястья расположен параллельно лучевому сгибателю; находится на медиальной поверхности лучевой кости, начинается на сгибательном мыщелке плечевой кости, а оканчивается сухожилием на добавочной кости.

Мышцы летательной перепонки. Летательные перепонки — это складки кожи в определенных частях тела. У птиц имеются передняя и задняя летательные перепонки. Передняя летательная перепонка расположена между плечевым и запястным суставами. Она имеет длинную и короткую мышцы, напрягающие летательную перепонку. Задняя летательная перепонка тянется от боковой поверхности грудной клетки к плечу или подмышечной складке. В ней проходит одна мышца задней перепонки, которая сокращает заднюю перепонку и тем самым способствует складыванию крыла.

Мышцы пальцев, к ним относятся разгибатели и сгибатели пальцев. Разгибатели пальцев: длинный разгибатель начинается на подмышечке плечевой кости и оканчивается сухожилием на третьем и четвертом пальцах; короткий разгибатель большого пальца расположен под длинным разгибателем большого пальца.

Общие сгибатели пальцев: поверхностный сгибатель пальцев прикрепляется на подмышечке плечевой кости и оканчивается на третьем пальце; глубокий сгибатель пальцев начинается на медиальном подмышечке плечевой кости, частью на локтевой и лучевой костях и переходит в сухожилие, прикрепляющееся к пястной кости.

Мышцы отдельных пальцев: длинный и короткий разгибатели большого пальца, разгибатель второго пальца. Сгибатели большого и третьего пальцев — мышцы, приводящие и отводящие второй палец.

На крыле птицы имеется еще межкостная мышца, заполняющая промежуток между пястными костями; она расправляет перья.

Мышцы тазовой конечности разделяются на три группы: мышцы тазового пояса, таза и бедра, голени и пальцев.

Мышцы тазового пояса небольшие и малочисленные, так как тазовый пояс неподвижен. В области тазового пояса (таза) находятся только хвостовые мышцы, описанные выше, и квадратно-поясничная мышца, расположенная в области поясницы.

Мышцы таза и бедра. К ним относятся: разгибатели тазобедренного сустава, мышцы, оттягивающие бедро назад и приводящие бедро, сгибатели и разгибатели бедро-берцового сустава (рис. 51, 52). Эти мышцы начинаются на костях (подвздошной, седалищной, лонной) тазового пояса и идут к бедру и берцовой кости (голени). В группу мышц-разгибателей тазобедренного сустава входят большая

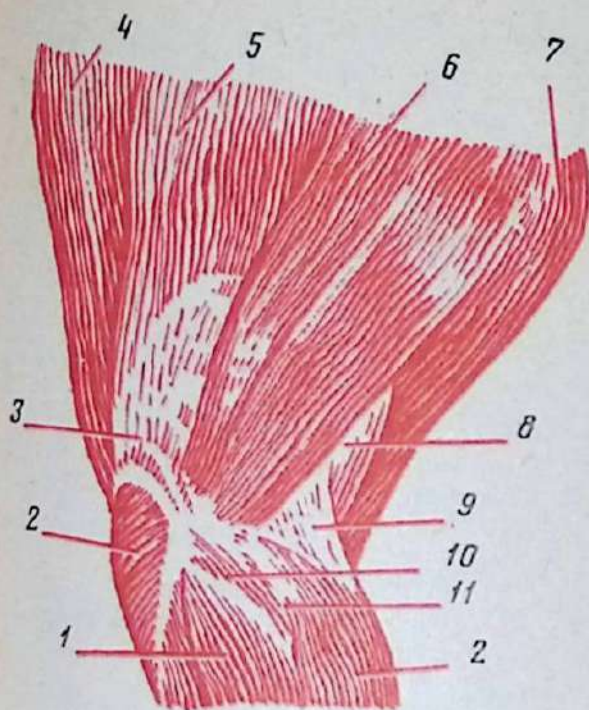


Рис. 51. Поверхностные мышцы бедра:

1 — поверхностная малоберцовая; 2 — наружная и внутренние части икроножной мышцы; 3 — широкая фасция бедра; 4 — портняжная мышца; 5 — напрягатель широкой фасции бедра; 6 — короткая головка двуглавой мышцы бедра; 7 — полусухожильная мышца; 8 — длинная двуглавая; 9 — сухожильная перемычка от длинной головки двуглавой мышцы бедра к наружной головке икроножной мышцы; 10 — длинный сгибатель третьего пальца; 11 — длинный сгибатель второго пальца.

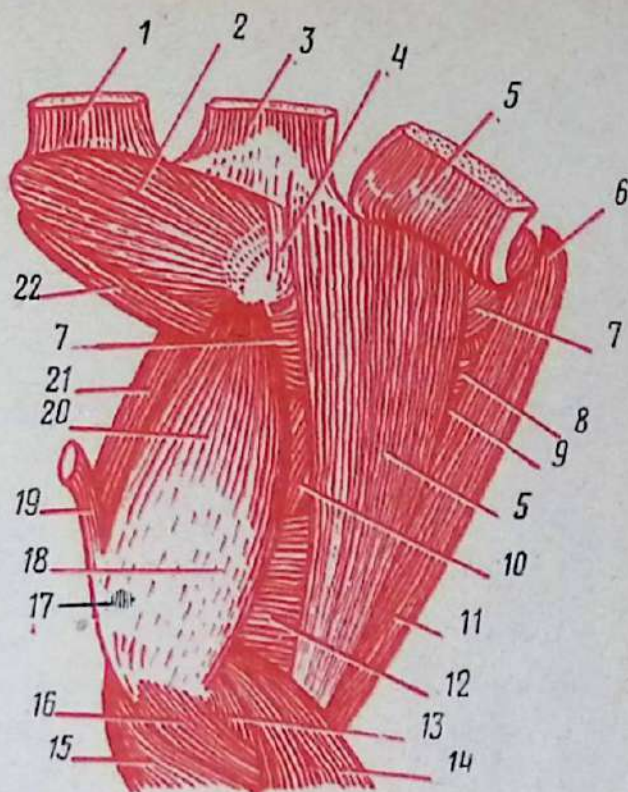


Рис. 52. Глубокие мышцы наружной стороны бедра:

1 — портняжная; 2 — задняя подвздошно-вертлужная; 3 — напрягатель широкой фасции; 4 — наружная подвздошно-бедренная мышца; 5 — короткая и длинная головки двуглавой мышцы бедра; 6 — полусухожильная мышца; 7 — нижняя и 8 — верхняя части хвостовой подвздошно-бедренной мышцы; 9 — сгибатель бедра; 10 — лонно-седалищно-бедренная мышца; 11 — малоберцовая головка и 12 — бедренная часть полусухожильной мышцы; 13 — длинный разгибатель второго пальца; 14 — внешняя часть икроножной мышцы; 15 — поверхностная малоберцовая мышца; 16 — длинный разгибатель третьего пальца; 17 — коленная чашечка; 18 — наружная головка четырехглавой мышцы бедра; 19 — широкая фасция; 20 — наружная и 21 — внутренняя головки прямой мышцы бедра; 22 — передняя подвздошно-вертлужная мышца.

(поверхностная), средняя и малая ягодичные мышцы, из них наиболее развита большая ягодичная мышца, она проходит над впадиной подвздошной кости; средняя ягодичная мышца расположена под большой ягодичной мышцей, она начинается на подвздошной и крестцовой костях, а заканчивается на вертеле бедренной кости.

У птиц имеется специальная тонкая мышца бедра (стройная мышца), с помощью которой конечность хорошо фиксируется на ветке. Тонкая мышца бедра начинается в области тазового сращения, имеет короткое тонкое брюшко и длинное сухожилие. Это сухожилие проходит через коленную кость в особой бороздке, находящейся на передней ее поверхности. Затем оно располагается на боковой стороне большеберцовой кости, проходит через голенно-плюсневый сустав и в дистальной части плюсневой кости соединяется с сухожилиями поверхностного сгибания пальцев. При сгибании коленного сустава, когда птица садится, сухожилие стройной мышцы сильно натягива-

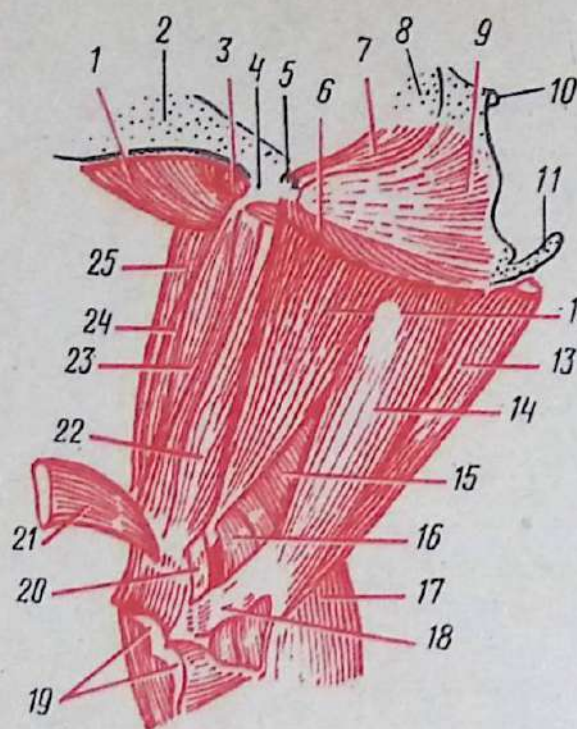


Рис. 53. Мышцы внутренней поверхности бедра:

1 — передняя подвздошно-вертлужная мышца; 2 — подвздошная кость; 3 — внутренняя подвздошно-бедренная мышца; 4 — предвертлужный отросток; 5 — запертое отверстие; 6 — нижняя и 7 — верхняя части запирающей мышцы; 8 — задняя подвздошная ямка; 9 — средняя часть запирающей мышцы; 10 — седалищный отросток; 11 — лонная кость; 12 — лонно-седалищно-бедренная мышца; 13 — малобедренная головка полусухожильной мышцы; 14 — сгибатель бедра; 15 — бедренная головка полусухожильной мышцы; 16 — средняя часть икроножной мышцы; 17 — наружная и 18 — внутренняя части икроножной мышцы; 19 — сухожилие икроножной мышцы; 20 — внутренняя латеральная связка коленного сустава; 21 — портняжная мышца; 22 — внутренняя головка четырехглавой мышцы; 23 — сгибающая мышца; 24 — внутренняя и 25 — наружная части прямой мышцы бедра.

ется выступающей вперед коленной костью и тянет за собой поверхностный сгибатель пальцев. Пальцы сгибаются и охватывают ветку или планку на сесте, на котором сидит птица, без какого-либо мышечного усилия.

Во время сна чем больше птица приседает, тем больше натягивается сухожилие и пальцы крепче сжимают предмет. Это не вызывает утомления мышц.

К мышцам, оттягивающим бедро назад, относятся: поверхностная, портняжная мышца бедра, начинается на подвздошной кости, оканчивается на медиальной поверхности большеберцовой кости; внутренняя подвздошная, начинается на подвздошной и частично крестцовой костях и оканчивается на малом выросте бедренной кости; внутренняя запирающая мышца, прикрепляется вокруг запертого отверстия и проходит с внутренней поверхности лонной и седалищной костей; полусухожильная мышца, закрепляется на поперечных отростках хвостовых позвонков и на седалищной кости; седалищно-берцовая и полуперепончатая мышцы, эти три мышцы оттягивают бедро назад (рис. 53).

Мышцы, приводящие бедро: большая мышца, начинается на вентральной поверхности лонной кости и оканчивается ниже вертела бедренной кости; длинная мышца, она же сгибает коленный сустав, начинается на подвздошной и крестцовой костях, соединяется с мышцей, направляющей широкую фасцию бедра, и образует одну широкую мышцу, покрывающую ягодичные мышцы.

Сгибатели коленного сустава (бедро-берцового): средняя мышца расположена каудально от длинной мышцы; малая мышца начинается на дистальной части бедра и соединяется со средней мышцей. Подколенные мышцы, кроме сгибания коленного сустава, отводят и поворачивают голень в латеральную сторону.

Разгибатели коленного сустава (бедро-берцового): прямая мышца бедра покрывает бедро с дорсальной стороны; широкие мышцы бедра покрывают бедро (одна — с латеральной, другая — с медиальной стороны).

Мышцы голени и пальцев. В эту группу входят разгибатели и сгибатели предплюсневой кости и пальцев.

Разгибатели голенно-плюсневой кости: большая (медиальная) и малая (латеральная) мышцы прикрепляются по краям ямки бедренной кости, а заканчиваются сухожилием на плюсневой кости.

Сгибатели предплюсневой кости: прямая мышца голени расположена на дорсальной поверхности голени; третья малоберцовая, а также длинная берцовая и подошвенная мышцы соединены в одну тонкую мышцу, лежат поверхностно.

Разгибатели пальцев: длинный и короткий общие разгибатели расположены на дорсальной поверхности плюсны, оканчиваются четырьмя сухожилиями на четырех пальцах.

Сгибатели пальцев: из них наиболее крупными являются поверхностный и глубокий сгибатели пальцев; длинные и короткие сгибатели первого, третьего и четвертого пальцев оканчиваются тонкими сухожилиями на соответствующих пальцах (рис. 54).

Физиология мышц. Возбудимость и сократимость мышц. Свойство живой ткани отвечать на раздражение называется возбудимостью. В ответ на любое раздражение (механическое, химическое, электрическое, тепловое) в мышцах возникает процесс возбуждения, в основе которого лежит сложный комплекс физико-химических процессов.

Возбуждение распространяется по мышечным волокнам, в результате чего мышца переходит из состояния относи-

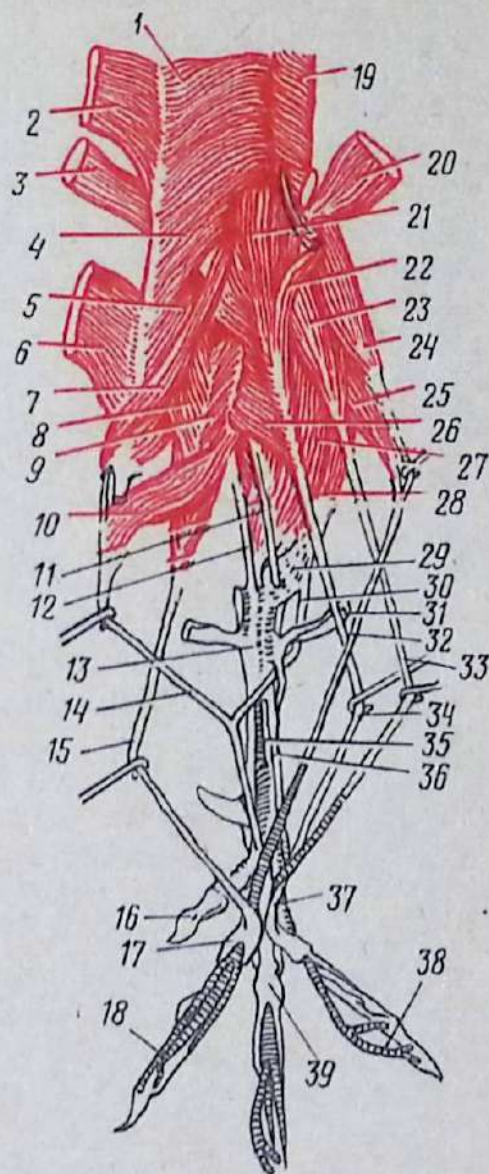


Рис. 54. Мышцы и сухожилия конечности курицы (задняя сторона):

1 — бедренная и 2 — икроножная головки полусухожильной мышцы; 3 — мышца флексор; 4 — средняя; 5 — внутренняя и 6 — наружная части икроножной мышцы; 7 — задняя головка короткого сгибателя третьего пальца; 8 — внутренняя и 9 — средняя головки короткого сгибателя второго пальца; 10 — передняя головка короткого сгибателя третьего пальца; 11 — длинный сгибатель первого пальца; 12 — сухожилие держателя предплюсны; 13 — держатель предплюсны; 14 — сухожилие короткого сгибателя третьего пальца; 15 — сухожилие короткого сгибателя второго пальца; 16 — окончание сухожилия длинного сгибателя первого пальца; 17 — наружная головка короткого сгибателя второго пальца; 18 — окончание сухожилий; 19 — длинный сгибатель третьего пальца; 20 — короткая головка двуглавой мышцы бедра; 21 — верхняя и 22 — средняя головки короткого сгибателя четвертого пальца; 23 — длинный сгибатель третьего пальца; 24 — верхняя и 25 — нижняя части длинного сгибателя второго пальца; 26 — нижняя головка короткого сгибателя четвертого пальца; 27 — глубокий сгибатель пальцев; 28 — поверхностная малоберцовая мышца; 29 — ее верхнее и 30 — нижнее сухожилия; 31 — окончание ахиллова сухожилия, 32 — сухожилие длинного сгибателя второго и 33 — третьего пальцев; 34 — сухожилие короткого сгибателя четвертого пальца; 35 — сухожилие глубокого сгибателя пальцев; 36 — сухожилие длинного сгибателя первого пальца; 37 — абдуктор четвертого пальца; 38 — окончание сухожилия глубокого сгибателя четвертого пальца; 39 — место прикрепления короткого сгибателя третьего пальца.

тельного физиологического покоя в состояние специфического действия; происходит ее сокращение. Сокращение мышцы — это общий эффект от сокращения каждого мышечного волокна в отдельности.

Возбуждение мышцы и величина ее сокращения (укорачивания) зависят от силы и частоты раздражения. Минимальная сила раздражителя, которая вызывает ответную реакцию мышцы, называется **п о р о г о в о й**. После нанесения раздражения мышца сокращается не сразу, а через некоторый период времени (доли секунды). Этот период от начала раздражения до начала сокращения мышцы называется **с к р ы т ы м**, или **л а т е н т н ы м**, периодом возбуждения. Латентный период возбуждения красных и белых мышц различен, он более продолжителен у первых. Сокращение мышц происходит под влиянием импульсов, поступающих по двигательным нервам от центральной нервной системы.

Одиночные и тетанические сокращения. В ответ на одиночное кратковременное раздражение двигательного нерва мышца совершает одно сокращение и вновь расслабляется. Продолжительность и сила одиночных сокращений у различных мышц одного вида и разных видов птиц неодинаковы. Гладкие мышцы, образующие мышечный слой внутренних органов и кровеносных сосудов, имеют более длительный скрытый период возбуждения, сокращаются медленно и более продолжительно в сравнении с сокращением скелетных мышц. С повышением температуры окружающего воздуха скрытый период возбуждения сокращается, с понижением — удлиняется. Скорость и сила сокращения мышц зависят также от степени утомления мышц.

В обычных условиях к мышце из центральной нервной системы поступают не одиночные импульсы, а потоки импульсов (до нескольких сотен в секунду). В ответ на них мышца отвечает предельным длительным сокращением, которое называется **т е т а н и ч е с к и м**. Такое сокращение мышц можно получить и в экспериментальных условиях, нанося электрические раздражения на двигательный нерв нервно-мышечного препарата так, чтобы время между отдельными раздражениями было короче времени одиночного сокращения. В зависимости от частоты наносимых раздражений можно наблюдать два вида тетанического сокращения: зубчатый тетанус и гладкий тетанус. Если чередующиеся одно за другим раздражения попадают в период, когда мышца начала расслабляться, то она отвечает новыми сокращениями, при этом наблюдается **з у б ч а т ы й т е т а н у с**. Если последующее раздражение поступает в тот период, когда мышца еще не начала расслабляться, наблюдается **г л а д к и й (п о л н ы й) т е т а н у с** (рис. 55).

Рефлекторный тонус мышц. Под влиянием нервных импульсов, идущих по центробежным нервным волокнам, мышцы птиц даже в период покоя находятся в некотором напряжении. Это состояние длительного напряжения и частичного укорачивания мышц называется **т о н у с о м**. При перерезке центробежных нервов тонус мышц исчезает. Это свидетельствует о том, что тонус мышц представляет собой рефлекторное явление. Рефлекторный тонус имеет исключительно важное значение для сохранения положения тела и отдельных

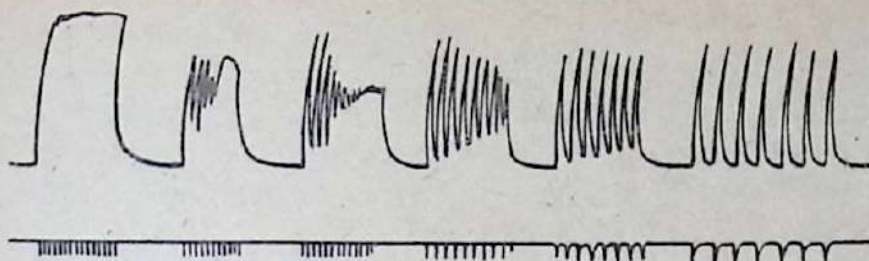


Рис. 55. Зубчатый и гладкий тетанусы:

слева — полный и в середине — зубчатый тетанусы; справа — одиночные сокращения (внизу отметки раздражений).

органов (головы, шеи и т. д.) при движении, а также обеспечивает быструю реакцию мышц на нервные импульсы.

Биохимические процессы в работающей мышце. Сокращение мышечных волокон происходит вследствие взаимодействия белка актиномиозина с аденозинтрифосфатом (АТФ), при этом белковые нити, входящие в состав миофибрилл, отдают большое количество воды и сокращаются. Для сокращения белковых нитей в миофибриллах требуются значительные затраты энергии, которые должны пополняться непрерывно. Поэтому в мышцах происходит ряд биохимических превращений, в результате которых высвобождается энергия. Химическая энергия превращается при этом в тепловую, механическую и электрическую. Биохимические превращения в мышце протекают в две фазы.

В первую фазу (бескислородную, или анаэробную) происходит распад содержащихся в мышце фосфорных соединений: аденозинтрифосфорной кислоты — АТФ (соединение белка аденозина с фосфорной кислотой), креатинфосфорной кислоты — КТФ (соединение белка креатина с фосфорной кислотой), гексозомонофосфата (соединение гликогена с фосфорной кислотой). Распад данных фосфорных соединений происходит в анаэробных условиях с высвобождением энергии, которая используется на сокращение мышц. Цепь реакций в анаэробную фазу происходит в следующем порядке. Вначале распадается аденозинтрифосфорная кислота на адениловую и фосфорную кислоты (в это время высвобождается энергия, которая используется мышцей для осуществления работы). Затем фосфорная кислота соединяется с гликогеном (животный крахмал) и образует гексозофосфат. Вслед за АТФ распадается креатинфосфорная кислота на креатин и фосфорную кислоту, при этом высвобождается энергия, которая в значительной части идет на восстановление АТФ. За распадом креатинфосфорной кислоты следует распад гексозофосфата на молочную и фосфорную кислоты. Освободившаяся энергия идет на восстановление (ресинтез) креатинфосфорной кислоты. Таким образом, в результате последовательных реакций аденозинтрифосфорная и креатинфосфорная кислоты полностью восстанавливаются и только гликоген из соединения гексозомонофосфата распадается на молочную кислоту.

Во вторую фазу (кислородную) окисляется молочная кислота. В этом процессе расходуется кислород, образуются угле-

кислый газ и вода, выделяется энергия. Молочная кислота окисляется только на $\frac{1}{5}$ своего количества, другие $\frac{4}{5}$ восстанавливаются в гликоген, расходуя энергию, образовавшуюся в результате окисления $\frac{1}{5}$ молочной кислоты. Энергетические затраты мышц на сокращение покрываются той энергией, которая получается при окислении продуктов распада углеводов.

Работа и утомление мышц. Сокращаясь, мышцы совершают определенную работу. Они поддерживают тело в определенном положении, перемещают кости тела, сокращают стенки отдельных органов или удерживают их в определенном положении. Работу, совершаемую мышцей, измеряют килограммометрами или граммометрами, т. е. произведением величины груза, который мышца может поднять, на пройденный путь.

Величина совершаемой работы зависит от силы раздражения, длины поперечного сечения и строения мышц.

Временное понижение работоспособности мышц, наступающее после совершенной работы, называется **у т о м л е н и е м**. Оно вызывается истощением энергетических запасов в мышце, накоплением в ней конечных продуктов обмена, а также изменением функционального состояния центральной нервной системы, при этом нарушается проведение импульсов возбуждения через мионевральный синапс (место присоединения нервного окончания к мышце).

Тренировка. Систематическая тренировка и упражнение увеличивают мощность и полезное действие мышц. Укрепляется организм в целом, так как с работой мышц связано усиление обменных процессов. Тренировка мышц особо важное значение имеет для племенной птицы. В результате активного движения у птицы развивается и укрепляется мускулатура, а вместе с этим и весь организм. Это очень важно для исходных родительских особей, от которых получают высококачественное яйцо.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятий. Изучить расположение мышц и сухожилий и определить возбудимость мышц.

Материалы и инструменты: живая птица, тушки курицы или цыпленка, рисунки мышц, сухие или влажные препараты мышц, кости, конечности с мышцами.

З а д а н и е 1. Изучить расположение главных мышц и вспомогательных приспособлений. На живой птице (курице) ориентировочно определить места расположения грудных мышц, тазового пояса, бедра, крыла (плеча и предплечья). Найти коленный (бедро-берцовое сочленение), плюсневый (берцово-плюсневое сочленение) и локтевой суставы. Сажая птицу на круглый удлиненный предмет, проследить механизм сжатия и закрепления пальцев ноги на предмете. Птицу убивают путем перерезки сонных артерий ножницами через рот. Удаляют перо и внутренние органы. Затем нужно определить место расположения грудных мышц, крыла (плечевого пояса, предплечья), мышц таза и бедра, идущих от костей таза к бедру и берцовой кости.

Осторожно вскрыть, не перерезая сухожилия, голенно-плюсневый сустав и рассмотреть его строение. Обратит внимание на сухожилия, проходящие через коленный сустав. Осторожно снять кожу с плюсны, не разрушая сухожилия, идущие к пальцам, и, сгибая и разгибая плюсну, проследить механизм сгибания и разгибания пальцев.

З а д а н и е 2. Определить порог раздражения. Получить одиночные и тетанические сокращения.

Материалы и инструменты: лягушки, миограф (штатив с держателем для мышц и

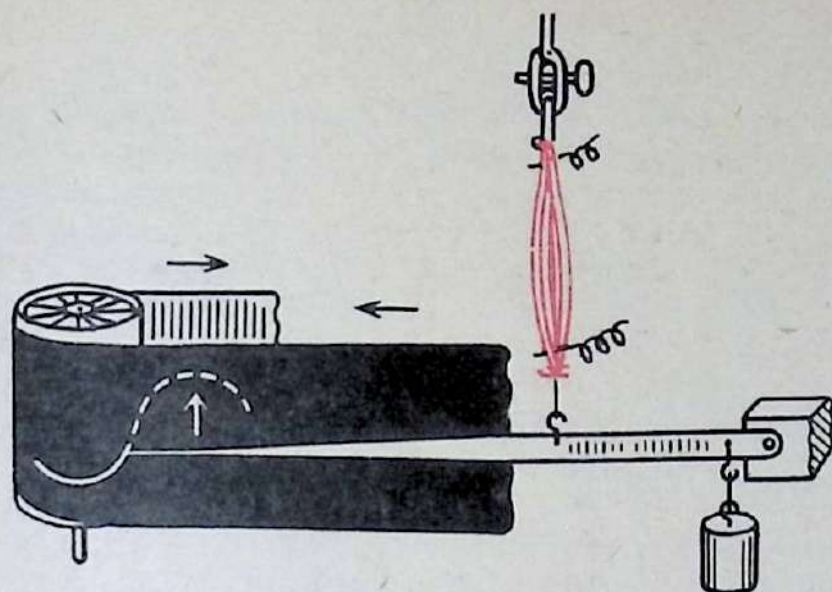


Рис. 56. Запись мышечного сокращения.

рычажком с писчиком), кимограф (вращающийся цилиндр, покрытый бумагой), ножницы, пинцеты, аккумулятор, ключи, индукционная катушка.

Определение порога раздражения. У лягушки удаляют голову и разрушают иглой спинной мозг. Отделяют на одной из конечностей икроножную мышцу, а из другой готовят так называемый нервно-мышечный препарат (икроножная мышца с отпрепарированным седалищным нервом). Мышцу укрепляют в кимографе. Составляют цепь индукционной катушки, электроды (иглы) присоединяют непосредственно к мышце (рис. 56). При замыкании цепи катушки мышца получает раздражение и отвечает на него сокращением, приподнимая писчик кимографа; это ответ на прямое раздражение мышцы. Записать сокращения мышцы на ленте кимографа.

Заменить мышцу в мышцедержателе нервно-мышечным препаратом, положить седалищный нерв на электроды. При той же силе тока нанести раздражение через нерв. В ответ на раздражение мышца сокращается. Записать кривую мышечных сокращений с помощью кимографа.

Для нахождения порога раздражения отодвигают вторичную катушку от первичной на 35—40 см. Постепенно сдвигая катушки (на 0,5—1 см) и каждый раз замыкая и размыкая ключ, находят пороговую (минимальную) силу раздражителя, вызывающую сокращение мышцы. Она выражается в сантиметрах расстояния между катушками.

Одиночное и тетаническое сокращение мышц. Укрепляют нервно-мышечный препарат в кимографе, как это описано выше. Составляют цепь индукционной катушки через ключ для получения одиночных ударов. Нерв кладут на электроды. Конец писчика подводят к ленте кимографа. Пускают часовой механизм барабана кимографа быстрым ходом. Замыкают на секунду ключ первичной цепи. На кимографе записывается кривая одиночного сокращения. Повторяют тот же опыт на медленно движущемся кимографе, замыкая и размыкая ключ со скоростью 10—15 раз в секунду. Записывается кривая зубчатого тетануса. Переключают провода от аккумулятора на питание клеммы катушки (через прерыватель). Раздражают мышцу в течение нескольких секунд, частыми ударами индукционного тока. В этом случае мышца сократится, и писчик, записывающий до этого исходную нулевую линию, запишет быстрый подъем кривой. Так как при частом ритме раздражения мышца не успевает расслабляться и находится в состоянии непрерывного сокращения (которое длится на протяжении всего времени раздражения), то писчик, достигнув крайнего верхнего положения, займет прямую линию (гладкий тетанус). После прекращения раздражения мышца расслабится и писчик опустится вниз и займет снова нулевую линию.

Аппарат крово-лимфообращения

К аппарату крово-лимфообращения относятся сердце, кровеносные и лимфатические сосуды, кровь и лимфа. В кровеносной системе протекает кровь, приводимая в движение сердцем и стенками кровеносных сосудов, в лимфатической — лимфа, протекающая по лимфатическим протокам, лимфатическим узлам и вливающаяся в общий кровоток.

Функции указанных систем взаимосвязаны.

Аппарат крово-лимфообращения обеспечивает доставку питательных веществ к органам, тканям и клеткам и удаление из них углекислоты и различных продуктов распада, осуществляет гуморальную регуляцию внутренних процессов и защиту организма.

КРОВЬ

Функция крови. Кровь — жидкая ткань, выполняющая в организме различные функции. Она доставляет питательные вещества и кислород к органам и тканям и удаляет из них ненужные и вредные продукты обмена: мочевую кислоту, углекислый газ и др. Обладая большой теплоемкостью, кровь равномерно распределяет тепло по органам и тканям, поддерживает относительное постоянство температуры в организме, т. е. осуществляет функцию терморегуляции.

В кровь поступают продукты желез внутренней секреции — гормоны и продукты обмена веществ. Циркулируя в общем кровотоке, они оказывают влияние на функцию органов. В этом проявляется регулирующая функция крови (такой вид регуляции носит название гуморальной, т. е. осуществляемой через жидкость). Кровь содержит особые белковые вещества — антитела, обладающие способностью обезвреживать микробы, вирусы и их токсины, попавшие в организм. Такими же функциями обладают и особые клетки, они поглощают и обезвреживают микроорганизмы и инородные тела. В этом проявляется защитная функция крови.

Количество крови по отношению к массе тела составляет обычно 8,5—9% (колебания от 8,5 до 13%). Колебания зависят от вида и возраста птиц. У кур различных пород, имеющих массу в среднем 2—3,5 кг, крови содержится 180—315 мл, у уток массой 4 кг — 360 мл, у гусей массой 7 кг — 595 мл, у индеек массой 8 кг — 688 мл. У молодняка различных видов птиц количество крови по отношению к живой массе составляет 10—13%, т. е. больше, чем у взрослых. В общем кровотоке участвует только 65—70% крови, остальная ее часть (30—35%) удерживается в печени, селезенке и только при необходимости может мобилизоваться в общий кровоток.

Быстрая потеря $1/3$ — $1/4$ общего количества крови вызывает летальный (смертельный) исход.

Состав, физические и химические свойства крови. Кровь красного цвета, плотность ее 1,05 (1,04—1,06), вязкость 5,0 (4,7—5,5), pH 7,42—7,48. Если предохраненную от свертывания кровь центрифугировать или дать ей отстояться, то в пробирке образуются два резко отличающихся друг от друга слоя. Сверху располагается желтоватая полупрозрачная жидкость, которая называется плазмой. Осадок темно-красного цвета состоит из форменных элементов — эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Плазма составляет примерно 60% крови, форменные элементы — 40%. Общее количество сухих веществ в крови молодняка 14,4%, взрослых кур 15,6—19,7%; содержание воды соответственно 85,6 и 84,3—80,4%.

Плазма крови состоит из воды, органических соединений и неорганических солей. По химическому составу она отличается от цельной крови. Воды в плазме 90—92%, сухого остатка 8—10%. В ней содержатся белки (альбумин, глобулин, фибриноген) и продукты их расщепления — аминокислоты, а также жиры, углеводы и минеральные вещества в виде ионов калия (154 мг%), натрия (227 мг%), кальция, фосфора, хлора (365 мг%) и т. д. Количество белка в плазме составляет 6,6—7%, минеральных веществ — 1—1,1, углеводов — 0,12—0,17, жиров — 0,1—0,15%.

В плазме птиц в сравнении с другими животными содержится несколько больше кальция, сахара и белка. В обычных условиях состав плазмы относительно постоянен. С наступлением яйцекладки в плазме несушек резко увеличивается содержание белка, кальция, липидов. Так, количество кальция возрастает с 11—12 до 24—36 мг%.

Плазма крови и связанная с ней тканевая жидкость представляют ту среду, в которую попадают продукты обмена веществ из всех органов и тканей. Поэтому в плазме содержатся гормоны, антитела и различные метаболиты. Плазма крови, лишенная белка фибриногена, называется сывороткой.

Осмотическое давление плазмы (в норме 7—8 атм) зависит от концентрации минеральных солей и в меньшей степени белков. Чем больше их концентрация, тем выше осмотическое давление. Поскольку изменение состава плазмы происходит незначительно, то и осмотическое давление относительно постоянно. Это достигается деятельностью выделительных органов, которые начинают функционировать усиленно при поступлении в кровь значительного количества воды или солей. Постоянство осмотического давления имеет большое значение для нормальной жизнедеятельности клеток и тканей.

Если концентрация солей и осмотическое давление в плазме крови и межтканевой жидкости будут выше, чем в клетках органов и тканей, то вода из клеток через тканевую жидкость переходит в плазму крови, при этом клетки сморщиваются, их обменные функции резко нарушаются и могут полностью прекратиться. При пониженных концентрации солей и осмотическом давлении эритроциты набухают и разрушаются (происходит их гемолиз). Из разрушенных эритроцитов гемоглобин переходит в плазму крови и растворяется в ней, при этом плазма стано-

вится менее прозрачной и приобретает красноватый цвет. Такая кровь называется лаковой.

Для нормального отправления физиологических функций важно поддерживать в плазме крови не только постоянство суммарного количества химических компонентов, но и соотношение их между собой. Колебания в соотношении анионов (отрицательно заряженных ионов) могут быть значительными, а концентрация катионов (положительно заряженных ионов) должна быть всегда определенной. При этом способе значение имеет правильное соотношение катионов кальция, калия, натрия.

Концентрация водородных ионов в крови. Активная реакция крови определяется по соотношению концентрации водородных (H) и гидроксильных (OH) ионов. Для обозначения величины концентрации водородных ионов пользуются общепринятым показателем pH (водородный показатель). pH крови равен 7,42—7,48, тогда как pH нейтральной реакции 7,0. Следовательно, pH крови слабощелочной. При избытке водородных или гидроксильных ионов отмечаются небольшие сдвиги реакции крови (на 0,1—0,2) в сторону кислотности (а ц и д о з) или в сторону щелочности (а л к а л о з). Более резкие сдвиги pH нарушают нормальное функционирование организма и приводят к тяжелому состоянию.

В результате жизнедеятельности клеток и обмена веществ в кровь всегда поступают конечные продукты обмена, имеющие кислотный или щелочной характер (молочная кислота, угольная кислота, аммиак, щелочные соли и т. д.), и несмотря на это, реакция крови колеблется незначительно. Относительное постоянство реакции крови достигается тем, что органы дыхания и почки быстро выделяют из организма избыток щелочных или кислотных ионов в виде солей (с мочой), углекислого газа и воды (с выдыхаемым воздухом). Поддержанию постоянства реакции способствуют имеющиеся в крови вещества, обладающие буферными свойствами, т. е. способностью нейтрализовать поступившие в кровь кислоты и щелочи. К ним относятся: карбонатная буферная система, угольная кислота, двууглекислый натрий, фосфорная буферная система (одноосновный и двухосновный фосфорнокислый натрий), белки плазмы крови (гемоглобин, оксигемоглобин). Запас в крови щелочных солей, обеспечивающих нейтрализацию избытка водородных ионов, называется щелочным резервом крови или резервной щелочностью.

Величина щелочного резерва определяется по тому количеству кубических сантиметров углекислоты (CO_2), которое может быть связано 100 мл крови при давлении углекислоты, равном 40 мм ртутного столба (приблизительно это соответствует давлению углекислоты в альвеолярном воздухе).

Несмотря на наличие буферных систем и хорошую защищенность организма от возможных изменений pH крови, все же при некоторых физиологических и особенно патофизиологических условиях наблюдаются сдвиги активной реакции крови в сторону ацидоза или алкалоза.

Ацидоз может возникнуть при затрудненном выделении угле-

кислоты из легких (например, при респираторных заболеваниях птицы); при образовании в организме избыточного количества кислот (например, при заболевании почек).

Алкалоз может быть вследствие усиленного выделения кальция из организма, а также увеличения щелочных солей слабых кислот в крови. При сдвиге рН крови в сторону ацидоза почки выделяют повышенное количество кислого одноосновного фосфата натрия, а при сдвиге в щелочную сторону увеличивается выделение с мочой щелочных солей: двухосновного фосфорнокислого и двууглекислого натрия.

Эритроциты, или красные кровяные тельца, у птиц овальной формы и в отличие от эритроцитов млекопитающих имеют ядро. Количество и размер их могут меняться не только в зависимости от вида птиц, но и у одного и того же вида, даже у одной и той же особи в зависимости от сезона года. Например, у петухов породы леггорн в осенне-зимний период в 1 мм крови насчитывается 3,312 млн. эритроцитов, у петухов породы род-айланд — 3,333 млн. В период с февраля по сентябрь количество их соответственно возрастает до 3,644 и 3,585 млн. Количество эритроцитов меняется в зависимости от возраста птицы: у цыплят до 5-дневного возраста в среднем их бывает 2,3 млн., к 3—4-месячному возрасту число их достигает показателей взрослой птицы. Увеличение в рационе количества лецитина (содержится в желтке яиц) и скормливание птицам печени также способствуют повышению количества эритроцитов.

Поступление большого количества воды в организм птицы и задержка ее в крови увеличивают объем плазмы, но количество эритроцитов остается прежним; кровь в какой-то степени разжижается. Поэтому в 1 мм³ крови эритроцитов становится меньше. При уменьшении содержания воды в крови количество эритроцитов в единице объема увеличивается. Разжижение крови можно наблюдать в жаркие дни, при повышении температуры в птичниках, когда птица много пьет и относительно мало принимает корма, а сгущение — если птице при таких условиях не дают в достаточном количестве воду.

Эритроциты содержат вязкую коллоидную жидкость, состоящую из 60% воды и 40% сухого вещества. В составе сухого вещества имеется 90% гемоглобина, 5,8% других белков и 4,2% остальных веществ (липоиды, глюкоза, минеральные вещества).

Г е м о г л о б и н (Hb) относится к сложным белкам (хромопротеидам) и состоит из белка — глобина и небелковой группы — гемы, содержащей железо. Свойства гемоглобина обуславливаются как группой, содержащей железо, так и белковым компонентом (глобином). В легких гемоглобин легко присоединяет кислород, который поступает в кровеносные капилляры, отделяется и используется клетками. Гемоглобин, соединенный с кислородом, называется **о к с и г е м о г л о б и н о м** (HbO_2), а отдавший кислород — **в о с с т а н о в л е н н ы м г е м о г л о б и н о м** (Hb).

Гемоглобин может соединяться и с другими газами: он легко присоединяет окись азота и угарный газ. С последним образует стойкое соединение — карбоксигемоглобин, поэтому отравление угарным газом опасно для жизни.

Табл. 6. Содержание гемоглобина в крови птиц

Порода и пол птицы	Количество Hb, г в 100 мл крови	Порода и пол птицы	Количество Hb, г в 100 мл крови
Петух породы белый леггорн	10,2	Петушки в возрасте 4—6 месяцев	12,8
Курица » » »	8,9	Куры породы белый плимутрок	9,8
Цыпленок » » »	6,7	Цесарки, индейки, утки, гуси	12,5

Содержание гемоглобина в крови птиц изменяется в зависимости от их возраста и породы (табл. 6).

Общая поверхность эритроцитов в крови кур составляет около 2600 м^2 . Благодаря большой поверхности эритроциты легко воспринимают кислород и способствуют быстрому установлению газового равновесия между гемоглобином и плазмой крови во время прохождения ее через легочные и тканевые капилляры.

Содержание гемоглобина в эритроцитах обуславливает кислородную емкость крови. Каждый грамм гемоглобина у птиц связывает 1,4—1,41 мл кислорода. Следовательно, кровь кур различной живой массы, содержащая 22—33 г гемоглобина, может связать при полном его окислении 30—46,2 мл кислорода, уток — 56—78,4, гусей — 168—182 мл.

Скорость оседания эритроцитов. В крови, предохраненной от свертывания, через некоторое время происходит оседание форменных элементов. В нормальных условиях эритроциты, как тела с одноименным (отрицательным) электрическим зарядом, отталкиваясь друг от друга, находятся в плазме во взвешенном состоянии и осаждаются сравнительно медленно. Когда же в плазме крови увеличивается количество положительно заряженных глобулинов (что наблюдается при некоторых заболеваниях), то они адсорбируются на поверхности эритроцитов и нейтрализуют часть отрицательных ионов. Эритроциты склеиваются между собой в столбики и затем в виде комочков быстрее оседают.

Белые кровяные клетки, или лейкоциты, — бесцветные клетки с ядром. Лейкоциты крупнее эритроцитов, они имеют размер от 5 до 10 мкм. Некоторые виды лейкоцитов обладают активным амебоидным движением. В 1 мм^3 крови содержится лейкоцитов (тыс.): у кур 22—34, индеек 32—34, уток 34—35, у гусей 37,9—38,6.

Количество лейкоцитов может меняться в зависимости от условий содержания, породных и видовых особенностей птиц и других причин. Оно повышается после приема корма и усиленной мышечной работы, при различных заболеваниях. Например, при заболевании туберкулезом количество лейкоцитов может увеличиваться до 300 тыс.

По морфологическим признакам и свойству различно окрашиваться красителями лейкоциты делят на две большие группы: гранулоциты, или зернистые, и агранулоциты, или незернистые.

Гранулоциты отличаются тем, что в их протоплазме имеются зерна различной величины и формы. Они по-разному

воспринимают анилиновые краски. Поэтому среди них выделяют базофилы, эозинофилы и псевдоэозинофилы.

Б а з о ф и л ы сравнительно крупные клетки. В их протоплазме имеются различной величины гранулы, которые окрашиваются основными красками в темно-фиолетовый цвет. Гранулы располагаются равномерно. Количество базофилов в крови составляет 2—4,5%. Функция базофилов выяснена недостаточно. Есть предположение, что они имеют отношение к фагоцитозу.

Э о з и н о ф и л ы имеют ядро различной формы: округлой, сегментовидной, бобовидной и др.; окрашиваются кислыми красками (например, эозином), при этом приобретают розовый цвет. Количество эозинофилов в крови составляет 3—4%.

П с е в д о э о з и н о ф и л ы имеют продолговатую, почковидную или катушковидную форму, крупную зернистость. Зерна окрашиваются как основными, так и кислыми красками, при этом приобретают розово-фиолетовый цвет. При окраске эозином зерна становятся ярко-красными. Количество псевдоэозинофилов может быть 45—40%.

А г р а н у л о ц и т ы, или незернистые лейкоциты, по размеру мельче, чем зернистые. К ним относятся лимфоциты и моноциты.

Л и м ф о ц и т ы — самые маленькие по размеру из всех групп лейкоцитов (4—5 мкм), средние 6—8, большие 12—18 мкм. Они имеют относительно большое округлое или бобовидное ядро, вокруг которого расположено небольшое количество цитоплазмы в виде ободка, без зернистости. Лимфоциты кур обычно имеют малый размер и характерные для них выступы (псевдоподии) из цитоплазмы. Лимфоциты образуются в лимфатических железах. Они составляют 40—44% общего количества лейкоцитов.

М о н о ц и т ы — самые большие клетки крови (размером 12—30 мкм), имеют крупные ядра лопастевидной формы. Зернистость в цитоплазме отсутствует. При окраске по Гимза моноциты приобретают голубоватый цвет, а ядро — синий. Количество моноцитов в крови составляет 4—6%. Моноциты образуются главным образом в селезенке и печени. Они способны к амёбоидному движению и фагоцитозу, могут захватывать частицы относительно крупного размера, целые клетки. За большой размер и способность к фагоцитозу их называют макрофагами.

Как указывалось выше, общее количество лейкоцитов меняется, однако между отдельными видами их имеется определенное процентное соотношение. Процентное соотношение белых кровяных клеток отдельных видов называется лейкоцитарной формулой (табл. 7).

При определенных заболеваниях наблюдаются характерные изменения в соотношении отдельных форм лейкоцитов. При глистных болезнях увеличивается число эозинофилов, при воспалительных процессах — псевдоэозинофилов. У различных видов птиц лейкоцитарная формула может быть различной, но в пределах вида в норме она относительно постоянна.

Т а б л. 7. Форменные элементы крови птиц*

Форменные элементы				Куры	Гуси	Утки	Индюки	Голуби
Эритроциты, млн. в 1 мм ³				3,5(3—4)	3(2,5—3,5)	3,5(2,5(4,5)	2,7	3,5(3—4)
Лейкоциты, тыс. в 1 мм ³				40(20—60)	20(15—30)	25(20—30)	34,1	15(10—20)
Тромбоциты, тыс. в 1 мм ³				75(32—100)	100(50—200)	90(70—120)	48,0	75(60—90)
Лейкоци- тарная формула,%	Грану- лоциты	Псевдо- эозино- филы	Базо- филы	2(1—3)	2(1—4)	2(0—5)	2,4	6(3—8)
			Эозино- филы	12(4—20)	7(3—9)	8(4—12)	0,7	8(5—10)
			Палоч- коядер- ные	25(10—40)	36(32—40)	35(30—39)	3,0	32(27—36)
			Сегмен- тоядер- ные и зерни- стые	1(0—2)	2(1—4)	1(0—3)	33,6	3(2—5)
				47(30—70)	37(33—41)	41(37—49)	53,8	40(34—45)
Агра- нуло- циты	Лимфо- циты	Гисто- циты	Моно- циты	6(5—8)	12(7—15)	8(5—10)	—	8(4—11)
				7(4—10)	4(2—6)	5(2—7)	6	3(1—5)

* По данным В. И. Зайцева, В. Н. Никитина, А. А. Кудрявцева, А. М. Скоробогатовой.

Р о л ь л е й к о ц и т о в. Главной функцией лейкоцитов является защита организма от инородных тел, появляющихся в крови и ткани. Лейкоциты могут проходить сквозь тонкую стенку капилляров и свободно продвигаться в различные участки тела, поэтому их еще называют блуждающими клетками. При встрече с микроорганизмами или отмершей клеткой лейкоциты выпускают ложноножки, обхватывают инородное тело, поглощают его и с помощью ферментов лейкопротеза переваривают в своей протоплазме. Нередко в борьбе с микробами погибают и сами лейкоциты. Явление поглощения и переваривания лейкоцитами попавших в организм инородных тел называется **ф а г о ц и т о з о м**. Фагоцитоз микробов впервые открыл И. И. Мечников. Этим свойством обладают в большей степени лимфоциты, моноциты, нейтрофилы.

Лейкоциты, по-видимому, вырабатывают антитела типа глобулинов, которые способствуют созданию иммунитета (невосприимчивости к заболеваниям) у птиц.

Т р о м б о ц и т ы (кровяные пластинки) у кур имеют веретенообразную форму, размер их 8,5—5,5; у гусей 6,7—4,4 мкм; у индеек тромбоциты удлинённые. В 1 мм³ крови у кур насчитывается 32—100 тыс., у гусей — 50—200 тыс., у уток — 70—120 тыс. тромбоцитов. Это количество непостоянно, так как тромбоциты быстро разрушаются и подсчет их затрудняется.

Некоторые ученые полагают, что тромбоциты — это обломки эритроцитов или лейкоцитов. Вероятнее всего, что они образуются из

гигантских клеток костного мозга — мегакариоцитов. Тромбоциты играют важную роль в процессе свертывания крови.

Свертывание крови — переход ее из жидкого состояния в желеобразный сгусток. Свертывание крови является биологически важной защитной реакцией организма; на месте ранения сосуда образуется сгусток крови — тромб, который закупоривает просвет сосуда и прекращает кровотечение.

Механизм свертывания крови заключается в следующем. В плазме крови имеется растворимый белок фибриноген и неактивный фермент протромбин, синтезируемый печенью. В тромбоцитах (кровяных пластинках) содержатся вещества, образующие тромбопластин. При ранении сосудов кровяные пластинки быстро разрушаются и выделяют вещества, которые в присутствии ионов кальция взаимодействуют с активаторами, имеющимися в плазме крови, и превращаются в кровяной тромбопластин (стадия I). Последний в присутствии ионов кальция взаимодействует с протромбином и образует тромбин (стадия II). Тромбин вступает во взаимодействие с фибриногеном и образуется фибрин (стадия III).

Таким образом, сущность механизма свертывания крови заключается в том, что растворенный в плазме фибриноген под влиянием фермента протромбина переходит в нерастворимый белок фибрин, который и выпадает в виде нитей. В плазме содержится около 0,4% фибриногена, но при выпадении в осадок фибрин связывает остальные 99,6% плазмы в единый сгусток. В дальнейшем этот сгусток уплотняется, сжимается, и из него выделяется прозрачная жидкость, называемая сывороткой.

Свертывание крови замедляется на холоде, в сосуде с гладкой поверхностью или с парафинированными стенками (табл. 8). Свертывание крови задерживают вещества, называемые стабилизаторами или антикоагулянтами. К ним относятся гепарин (вырабатывается в клетках печени), гирудин (вещество, добываемое из слюнных желез пиявок), алкалоид дикумарин.

Табл. 8. Продолжительность свертывания крови кур при разных температурах

Температура воздуха, °C	Время свертывания, мин	Температура воздуха, °C	Время свертывания, мин
0—7	Не свертывается	25	4,5
9	23	30	3
10	20	40	2
15	11,5	45—50	1—1,5

Группы крови. На введение в кровь чужеродного белка организм реагирует образованием антител (осаждающих, растворяющих или склеивающих инородный белок). Антитела, склеивающие белковые вещества, называются **агглютинаинами**, а сам процесс склеивания — **агглютинацией**.

Плазма крови содержит агглютинины, способные склеивать эритроциты другого индивидуума при переливании крови. Однако агглютинация эритроцитов происходит не всегда. Эффект зависит от совместимости крови д о н о р а (дающего кровь) и р е ц и п и е н т а (принимающего кровь).

В плазме крови содержатся агглютинины α (альфа) или β (бета); в эритроцитах имеются антитела — агглютиногены типа А или В. Агглютинация эритроцитов происходит в том случае, когда агглютиноген встречается с одноименным агглютинином ($A+\alpha$ или $B+\beta$), что является фактором так называемой групповой несовместимости крови. При переливании несовместимой крови эритроциты вводимой крови склеиваются в комочки, гемолизуются и закупоривают сосуды; наступает смерть животного.

В зависимости от наличия в крови агглютининов и агглютиногенов кровь у человека условно делят на четыре группы:

I группа (O) содержит только агглютинины α и β , агглютиногены отсутствуют;

II группа (A) — в эритроцитах имеется агглютиноген А, а в плазме — агглютинин β ;

III группа (B) — в эритроцитах присутствует агглютиноген В, а в плазме — агглютинин α ;

IV группа (AB) характеризуется содержанием в эритроцитах агглютиногенов А и В, агглютинины отсутствуют.

Установлено, что кровь I группы можно смешивать с кровью всех групп (универсальный донор), но к ней приливать допустимо только кровь ее же группы. К IV группе крови можно приливать кровь любой группы, но ее приливают только к крови IV группы (универсальный реципиент). Реципиенту с кровью II группы добавляют кровь I и II групп, а от него можно переливать кровь только II и IV группам. Реципиенту с кровью III группы переливают кровь III и I групп, а от него — III и IV группам. Группу крови определяют по стандартным сывороткам II и III групп. Группа крови биологической особи остается неизменной в течение жизни.

В плазме крови кур нет антител — агглютининов, у них имеются только антигены в эритроцитах. В настоящее время у кур выявлено 63 различных антигена. Их объединили в системы или группы по два и более антигена и обозначили буквами латинского алфавита А, В, С и т. д. Таких групп антигенов (групп крови) насчитывается 14, наиболее изучены из них 9 (табл. 9).

Т а б л. 9. Системы групп крови кур (по данным В. Н. Тихонова)

Система антигенов (группа)	Антигены	Система антигенов (группа)	Антигены
А	$A_1 A_2 A_3$ до A_9	Н	$H_1 H_2$
В	$B_1 B_2 B_3$ до B_{21}	І	$I_1 I_2$
С	$C_1 C_2 C_3 C_4$	К	$K_1 K_2$
Е(М)	$E_1 E_2 E_3 E_4$	Р	$P_1 P_2$

Как видно из таблицы, в системе или группе антигенов А имеется 9 антигенов, однако каждый из них имеет свои индивидуальные отличия. В систему В объединяется 21 антиген. Последними данными цитохимических и генетических исследований установлено, что антигены специфичны для каждой отдельной особи птиц. Они образуются в период эмбрионального развития и не меняются в течение всей жизни. Антигены передаются по наследству потомству. Таким образом, группы антигенов являются постоянной характеристикой организма птиц. По группам крови можно установить происхождение потомков и их связь с племенными качествами родителей.

Переливание крови. Переливать можно кровь свежую и консервированную. Кровь консервируют веществами, которые осаждают ионы кальция. Для удаления солей кальция и предотвращения свертывания крови к ней добавляют лимоннокислый натрий. Такая кровь называется цитратной и широко используется для переливания. Несвертывающуюся кровь центрифугируют и отделяют плазму от форменных элементов. Цитратная кровь может сохраняться на холоде до 30 дней.

Органы кроветворения: селезенка, тимус, красный костный мозг, лимфатические узлы, лимфатические фолликулы.

Селезенка расположена в правом подреберье, имеет округлую форму, у гусей и уток — овальную, несколько сплюсненную, по размерам она больше, чем у кур. Цвет красно-белый или красновато-коричневый. Селезенка окружена соединительнотканной капсулой, состоящей из двух слоев; первый из них является продолжением серозной оболочки брюшины, второй (внутренний) состоит из волокнистой ткани с эластическими и гладкими мышечными клетками, прилегает к мякоти селезенки.

От внутреннего слоя капсулы отходят трабекулы, составляющие остов селезенки. Они образуются из ретикулярной соединительной ткани и гладких мышечных клеток. По ним проходят кровеносные сосуды. В ретикулярную соединительную ткань включена красная и белая пульпа селезенки. В красной пульпе содержатся различные форменные элементы крови: большие и малые лимфоциты, зрелые и незрелые лейкоциты зернистой формы, а также эритроциты в различной стадии распада. Белая пульпа представляет собой лимфоидное скопление.

Благодаря большому количеству и особому строению кровеносных сосудов в селезенке может скапливаться значительное количество крови, селезенка является депо крови. При необходимости она сокращается и выбрасывает запасы крови в общий кровоток, что имеет большое значение в приспособительных реакциях организма, например при повышении физических нагрузок. Скапливающаяся кровь в селезенке более густой консистенции, в ней на 15% больше гемоглобина, чем в крови общего русла. В селезенке открытый ток крови, чего нет ни в одном другом органе. В ней кровь через капилляры выходит непосредственно в ткань органа, где свободно изливается.

Клетки селезенки способны к фагоцитозу. Они захватывают микробов, попавших в орган, и переваривают их с помощью ферментов.

При некоторых заболеваниях (лейкоз, кокцидиоз) селезенка увеличивается в объеме, ее поверхность несколько видоизменяется. В селезенке образуются антитела — вещества, связывающие, склеивающие и прекращающие жизнь бактерий. В селезенке разрушаются также отжившие клетки. Этому способствует особое строение ее сосудов. Эритроциты, проходя через сосудистое русло селезенки, задерживаются в ней. Более молодые полноценные эритроциты плоской формы проходят через селезеночный фильтр относительно быстро, а старые, имеющие форму шара, застревают надолго, постепенно разбухают, оболочка их становится хрупкой, легкоранимой, и они легко подвергаются распаду. Через 18 ч пребывания в селезенке остатки эритроцитов поглощаются фагоцитами. Освобождающееся железо откладывается в селезенке. Описанным путем в селезенке вылавливаются из протекающей крови не только устаревшие эритроциты, но и лейкоциты, тромбоциты.

Селезенка выполняет и кроветворные функции, в ней образуются лимфоциты и моноциты.

Тимус — зобная, или вилочковая, железа (лимфоидный орган), состоит из двух половин: правой и левой. Каждая из них, в свою очередь, имеет до 6—8 овальных, или бобовидных, долей. Величина долей у молодняка 8—15 × 7 мм, у взрослых 9 × 2 — 5 мм. Тимус в виде четких тяжей располагается непосредственно под кожей, вдоль шеи, вблизи яремных вен дорсально, а около грудной клетки вентро-медиально от яремной вены.

Масса тимуса изменяется с возрастом: к моменту вылупления цыпленка она составляет 100 мг, максимума (5—5,5 г) достигает к началу половой зрелости. В этот период обнаруживается дольчатое строение органа и заметно разделение его на корковое и мозговое вещество. В корковом веществе содержится большое количество лимфоцитов. В период яйцекладки самок и половой деятельности самцов наступает инволюция (уменьшение) массы тимуса и количества коркового вещества. Утрачивается дольчатость тимуса, и граница между корковым и мозговым веществом сглаживается. В период полового покоя тимус снова несколько увеличивается (у уток до 7 г) и его микроструктура восстанавливается.

Тимус хорошо развит и участвует в кровообращении уже у эмбрионов, он стимулирует образование лимфоцитов в других органах (П. А. Глаголев).

Внутренняя секреция тимуса выяснена недостаточно. Имеются данные о том, что чем меньше размер тимуса у суточных цыплят, тем ниже их жизнеспособность, и в дальнейшем они имеют меньшую живую массу.

Получены убедительные данные об участии тимуса как лимфоидного органа в защитных реакциях организма.

Кроветворение. Эритроциты в крови кур живут 90—120 дней, лейкоциты — 3—5 дней, а отдельные виды лейкоцитов (лимфоциты) — всего несколько часов. Взамен разрушенных форменных элементов образуются новые, благодаря чему в крови сохраняется динамическое их равновесие. Функции кроветворения, разрушения

клеток и кровораспределения выполняют костный мозг, печень, селезенка, лимфатические протоки и узлы.

В красном костном мозге образуются эритроциты, кровяные пластинки (тромбоциты) и зернистые формы лейкоцитов (базофилы, эозинофилы, псевдоэозинофилы). У куриных зародышей этот мозг начинает формироваться на 8—9-е сутки инкубации, а у гусиных — на 9—10-е сутки. Остеобласты (тип клеток малодифференцированной мезенхимы) проникают в первичную костномозговую полость. Часть их идет на образование кости, другая — на формирование ретикулярной ткани, которая начинает выполнять функции кроветворения.

В ранней стадии эмбрионального развития эритроциты и лейкоциты образуются в печени, а в костном мозге создаются главным образом незернистые лейкоциты. К концу эмбрионального развития эритроциты и лейкоциты начинают образовываться в костном мозге, а в печени эти процессы приостанавливаются.

В ретикулярной ткани костного мозга из первичных кровяных клеток (гемоцитобластов) образуются нормобласты, а из последних — эритроциты. Сформировавшиеся эритроциты попадают в кровеносные сосуды и включаются в общий кровоток. Созревание эритроцитов в костном мозге курицы происходит в течение пяти дней. Другая часть гемоцитобластов в результате прямого деления и последовательного изменения превращается в миелоциты, а из них образуются зернистые лейкоциты.

Эритроциты разрушаются главным образом в печени и селезенке клетками ретикулоэндотелиальной системы. Эта широко распространенная система имеет клетки с различными морфологическими признаками, но все они происходят из мезенхимы и обладают свойством фагоцитоза. В печени и селезенке они захватывают из притекающей крови «состарившиеся» эритроциты и разрушают их. В результате разрушения эритроцитов от гемоглобина отщепляется железо, которое накапливается в клетках ретикулоэндотелиальной системы печени и селезенки, а затем снова поступает в общий кровоток и используется для образования новых эритроцитов. Высвободившийся при разрушении эритроцитов гемоглобин используется на образование пигментов желчи: биливердина и билирубина, которые придают ей специфическую темно-зеленую окраску.

Регуляция процессов кроветворения. Образование и выход зрелых форм эритроцитов из синусов костного мозга в общий кровоток зависят от различных факторов внешней и внутренней среды. Пребывание птицы в условиях пониженного парциального давления кислорода всегда приводит к увеличению количества эритроцитов в крови, а вместе с этим повышается активность костного мозга.

В регуляции кроветворения имеют значение и импульсы, идущие от рецепторов костного мозга.

Для образования белкового компонента гемоглобина и красных кровяных клеток необходимо достаточное количество белков, содержащих такие аминокислоты, как фенилаланин, тирозин, и неорганические

элементы (железо, медь, кобальт), которые в микродозах ускоряют образование эритроцитов.

Центральная нервная система является ведущей в кроветворении. Воздействуя на паренхиму костного мозга и другие кроветворные органы, она изменяет процесс кроветворения, количество и состав крови. Центральная нервная система регулирует и распределение крови. Если сравнить количество эритроцитов в 1 мм^3 крови птицы в покое и после взлета, т. е. после совершенной работы, то можно заметить, что содержание их увеличилось. Кровь поступает из селезенки, а также за счет освобождения синусов костного мозга.

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

Циркуляция крови в организме происходит по замкнутой системе кровеносных сосудов. Кровеносную систему делят на два круга кровообращения: большой и малый. Путь крови от правого желудочка через легкие до левого предсердия называется м а л ы м к р у г о м к р о в о о б р а щ е н и я. Путь крови от левого желудочка до правого предсердия через все органы и ткани организма называется б о л ь ш и м к р у г о м к р о в о о б р а щ е н и я. Непрерывность движения крови обеспечивается ритмичной работой сердца (рис. II).

Сердце является центральным органом кровообращения. Оно осуществляет циркуляцию крови по замкнутой системе кровеносных сосудов.

Сердце — это полостной мышечный орган конусовидной формы, который заключен в околосердечную сумку (перикард) и вместе с ней свободно размещается в грудной полости. У птиц сердце расположено несколько правее, чем у большинства млекопитающих, и частично прикрыто воздухоносными мешками. Верхушка сердца расположена между долями печени и мускульным отделом желудка.

Стенка сердца состоит из мышечного слоя, называемого м и о к а р д о м. Изнутри полость сердца выстлана тонкой оболочкой — э н д о к а р д о м, а снаружи покрыта серозной оболочкой — э п и к а р д о м.

Масса сердца у кур 7—10 г, у гусей 20—30 г, у уток 10—15 г; у разных видов птиц оно отличается по форме.

Внутренняя полость сердца разделена продольной перегородкой на правую и левую половины. Каждая из них, в свою очередь, разделена на две камеры. Всего в сердце имеется четыре камеры. Две верхние камеры — это левое и правое предсердия, две нижние — левый и правый желудочки.

Левое предсердие принимает, а левый желудочек выталкивает артериальную кровь, насыщенную кислородом. Правое предсердие принимает, а правый желудочек выталкивает венозную кровь, насыщенную углекислотой. На поверхности сердца имеются две бороздки: одна из них поперечная, на границе между предсердиями и желудочками; другая — продольная, на границе между желудочками (рис. 57).

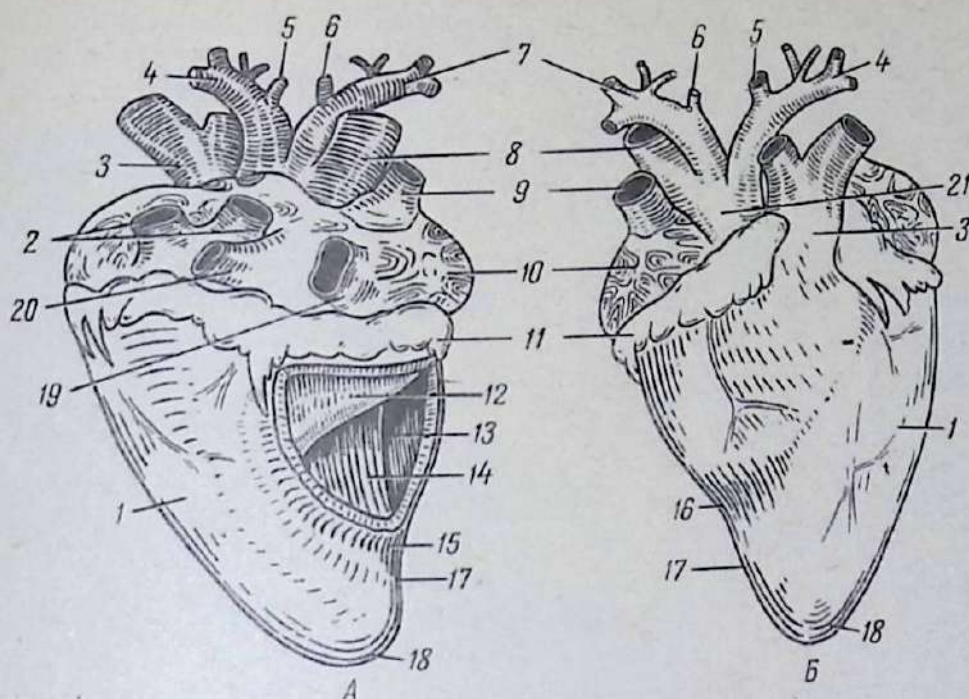


Рис. 57. Сердце с дорсо-каудальной (А) и с вентро-краниальной (Б) стороны:

1 — левый желудочек; 2 — легочные вены; 3 — легочная артерия; 4 — левая плече-легочная артерия; 5 — левая и 6 — правая общая сонные артерии; 7 — правая плече-головная артерия; 8 — нисходящая аорта; 9 — левая передняя полая вена; 10 — правое предсердие; 11 — жир в веночном желобе; 12 — мышечный клапан правого желудочка; 13 — вскрытая полость правого желудочка; 14 — межжелудочковая перегородка; 15 — правый и 16 — левый продольные желобы; 17 — нижняя часть левого желудочка; 18 — верхушка сердца; 19 — каудальная полая вена; 20 — левая передняя полая вена; 21 — аорта.

Правое предсердие. В правое предсердие впадают две передние и одна задняя полые вены. Они снабжены перепончатыми клапанами, которые препятствуют обратному поступлению крови из предсердия в вены. В перегородке предсердий имеется овальная впадина, это остаток овального отверстия, имевшегося в сердце эмбриона.

Правый желудочек имеет тонкие стенки, не доходит до верхушки сердца. Между предсердием и желудочком расположено отверстие желудочково-предсердное, или атриовентрикулярное, в форме косой щели. Отверстие закрывается треугольной мышечной заслонкой, которая свободным концом вдаётся в полость желудочка. Когда кровь поступает из предсердия в желудочек, треугольная заслонка опускается. Артериальное отверстие, ведущее из правого желудочка в легочную артерию, закрывается тремя полулунными клапанами.

Левое предсердие. В него открывается одно общее отверстие двух легочных вен. Впереди этого отверстия имеется утолщенный выступ в виде заслонки, обращенный своим свободным концом в полость левого предсердия. Заслонка препятствует обратному поступлению крови в легочные вены.

Левый желудочек толстостенный, доходит до верхушки сердца. Отверстие, ведущее из левого предсердия в левый желудочек

(левое атриовентрикулярное отверстие), закрывается двустворчатой заслонкой. В полость левого желудочка вдаются сосковидные мышечные возвышения. Концы их переходят в сухожильные нити, которые прикрепляются к двустворчатой заслонке левого желудочка.

Артериальное отверстие, идущее из левого желудочка в аорту, снабжено полулунными клапанами. Отверстие аорты расположено между двустворчатой заслонкой и продольной перегородкой.

Снабжение кровью самого сердца осуществляется по двум коронарным артериям, отток венозной крови — по трем венам.

Проводящая система сердца. В течение всей жизни сердце работает ритмично и обеспечивает циркуляцию крови в кровеносной системе. Ритмичная работа сердца достигается тем, что в нем имеется особая нервно-мышечная система, проводящая возбуждение (рис. 58). В составе синцития сердечной мышцы есть нервно-мышечные образования, которые гистологически отличаются от волокон типичной мускулатуры сердца; они менее исчерчены, содержат больше саркоплазмы и относительно меньше миофибрилл, имеют нервные клетки. Эти специфические, так называемые атипические (т. е. непохожие на обычные мышечные) образования и составляют нервно-мышечную систему сердца. Они образуют два скопления (узла).

Синусный узел расположен у устья верхней и нижней полых вен. Название свое он получил по аналогии с подобным узлом, находящимся в венозном синусе сердца лягушки.

Узел Ашоф — Тавара, или атриовентрикулярный, расположен в стенке правого предсердия у желудочно-предсердной перегородки. От этого узла отходит пучок Гисса. Он проходит через желудочно-предсердную (атриовентрикулярную) перегородку, спускается по перегородке желудочков и разделяется на две ветви (ножки), которые своими окончаниями — волокнами Пуркинье входят в боковые стенки обоих желудочков.

Мускулатура предсердий непосредственно не переходит в мускулатуру желудочков, но связь между ними осуществляется хорошо благодаря проводящей системе сердца.

Первичное возбуждение возникает в предсердии, в наиболее возбудимом синусном узле. Атипическая ткань этого узла находится в протоплазматической связи с мышцей правого предсердия. Поэтому возбуждение переходит и на мышцу предсердия

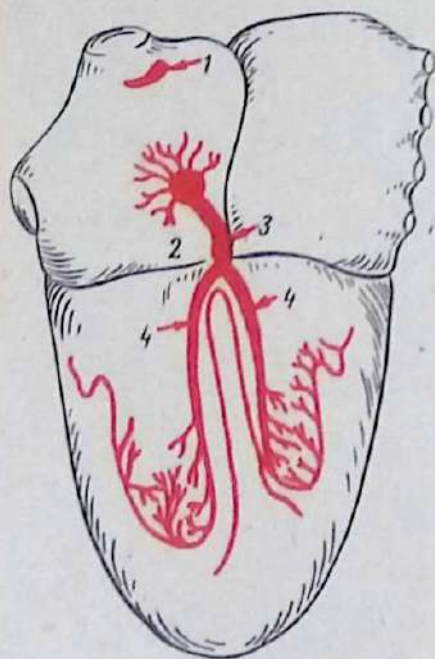


Рис. 58. Система, проводящая возбуждение в сердце (схема): 1 — синусный узел; 2 — атриовентрикулярный узел (узел Ашоф — Тавара); 3 — общий ствол — пучок Гисса; 4 — его ножки с разветвлениями в стенках обоих желудочков.

во всех направлениях. Затем возбуждение распространяется на узел Ашоф-Тавара и по ножкам пучка Гисса проходит к мышцам правого и левого желудочков.

Скорость распространения возбуждения в разных участках сердца различна. От синусного узла возбуждение распространяется по мышцам предсердий со скоростью 1 м/с, по пучку Гисса со скоростью до 5 м/с, а по мускулатуре желудочка значительно медленнее — 1,8 м/с.

Автоматизм сердца. Мышечные ткани сердца эмбриона птиц еще до прорастания в них нервов начинают ритмично сокращаться. Способность сердца сокращаться ритмично независимо от внешних раздражений называется **а в т о м а т и з м о м**. Автоматизм сердца обусловлен наличием нервно-мышечной проводящей системы. Автоматические сокращения сердца длительно сохраняются и вне организма при определенной температуре, влажности и активной реакции среды (в пределах рН 7,1—7,8).

Рефрактерная фаза. Если нанести раздражение сердцу или другой мышце непосредственно после возбуждения, то оно остается без ответа. Этот период невозбудимости, наступающий после возбуждения, называется **р е ф р а к т е р н о й ф а з о й**. Она длится десятые доли секунды. Но это очень важное биологическое приспособление. Если бы его не было, то сердечная мышца сокращалась бы от любого дополнительного раздражения. Если нанести раздражение желудочку сердца, когда систола окончилась, а импульс еще не поступил из синусного узла, сердце сделает внеочередное сокращение. Это внеочередное сокращение сердца называют **э к с т р а с и с т о л о й**. Вслед за ней наступает более длинная, чем обычно, пауза, она называется **к о м п е н с а т о р н о й**.

Частота сердечных сокращений. В зависимости от вида и возраста птицы, функционального состояния мышц сердца и нервных возбуждений, к ним поступающих, температуры окружающего воздуха сердце взрослых птиц может делать 200—300, молодняка птиц — 400—500 сокращений в минуту. У мелких птиц, таких, как канарейка и воробей, сердце делает до 1000 сокращений в минуту.

Фаза сердечной деятельности. Деятельность сердца состоит из трех фаз. В первую фазу сокращаются левое и правое предсердия, желудочки расслабляются (отдыхают). Во вторую фазу сокращаются левый и правый желудочки, а предсердия расслабляются (отдыхают). Третья фаза (общая диастола) — одновременно расслабляются предсердия и желудочки.

Последовательное сокращение предсердий и желудочков называется **с и с т о л о й**, расслабление мышц сердца — **д и а с т о л о й**. Три фазы деятельности составляют **с е р д е ч н ы й ц и к л**.

В момент сокращения сердечных мышц полости сердца сужаются, и давление в них повышается, кровь под давлением выбрасывается в аорту. В момент расслабления создается разреженное пространство в полостях сердца, кровь притекает по венам и заполняет полости.

Электрические явления в сердце. Участки ткани, находящиеся в покое, имеют положительный электрический заряд, а возбужденные — отрицательный. Между возбужденным и невозбужденным участками возникает разность потенциалов — электрический ток (биоток). Приложив электроды к исследуемому органу или поверхности тела и усиливая биотоки, можно записать их на бумажной ленте или фотопленке в виде кривой, имеющей характерную форму.

Запись биотоков сердца называется **электрокардиографией**, а прибор, используемый для этих целей, — **электрокардиографом**. Для снятия электрокардиограммы (ЭКГ) у птиц можно использовать электрокардиограф, применяемый в медицинской практике. По величине зубцов ЭКГ и интервалов между ними судят о состоянии и работе сердца.

Регуляция деятельности сердца. Работа сердца регулируется центральной нервной системой. К сердцу подходят парасимпатический (блуждающий) и симпатический нервы. Блуждающий нерв начинается из центра, находящегося в продолговатом мозге, и подходит к узлам синусному и Ашоф—Тавара, а симпатические нервы идут от шейного симпатического узла к мышечным волокнам сердца. В области сердца нервы парасимпатической и симпатической систем образуют нервное сплетение.

При раздражении блуждающего нерва наблюдается двойное действие: под влиянием умеренного раздражения сердечная деятельность замедляется и ослабевает, при сильном его раздражении сердце приостанавливает работу, но после прекращения раздражения через некоторое время сокращения сердца восстанавливаются.

Под влиянием импульсов, поступающих через симпатический нерв, ритм сердца учащается, сокращения усиливаются, повышается возбудимость сердечной мышцы и улучшается проводимость.

И. П. Павлов нашел отдельную ветвь симпатического нерва, усиливающую работу сердца, но не изменяющую ритм сокращений. Под влиянием данного нерва изменяется интенсивность обмена веществ в мышце сердца. Этот нерв им был назван **трофическим**.

Рефлекторная регуляция деятельности сердца осуществляется при участии чувствительных нервов. В сердце и сосудах имеются **рефлексогенные зоны**, т. е. скопления чувствительных нервных окончаний, которые воспринимают изменения кровяного давления, химического состава крови и по афферентным путям посылают импульсы возбуждения в соответствующие нервные центры (центр сердечной деятельности или сосудодвигательный центр) коры головного мозга. Происходит рефлекторное изменение сердечного ритма и просвета кровеносных сосудов. Рефлексогенных зон имеется несколько: в устье полых вен, дуге аорты, каротидном синусе (месте разветвления общего ствола сонной артерии).

На деятельность сердца могут оказывать влияние гормоны и другие вещества, находящиеся в крови. Так, незначительное количество гормона надпочечников адреналина усиливает и учащает сердечную деятельность, сужает просвет сосудов. Ионы калия в незначительных

количества возбуждают деятельность сердца, а в больших концентрациях тормозят; их действие сходно с действием блуждающего нерва. Повышенная концентрация кальция учащает и усиливает работу сердца. Для нормальной работы сердца важно, чтобы соотношение ионов калия и кальция было строго определенным.

Кровеносные сосуды проводят кровь и способствуют ее продвижению от сердца к тканям и обратно, регулируют кровенаполнение органов тела в зависимости от функций последних, изолируют кровь от непосредственного соприкосновения с тканями.

По строению и выполняемой функции кровеносные сосуды разделяются на проводящие (артерии, вены, артериовенозные анастомозы) и питающие (капилляры). Артерии, вены, капилляры, сердце, лимфатические протоки и лимфатические узлы составляют единую замкнутую сердечно-сосудистую систему.

Строение кровеносных сосудов соответствует выполняемой функции. Наибольший диаметр (0,5—1 см) имеют крупные артерии, отходящие от сердца. По мере удаления от сердца диаметр их уменьшается и они постепенно переходят в артериолы, а последние — в прекапилляры (диаметр 15—20 мкм) и затем в капилляры; далее капилляры артерий переходят в посткапилляры, а последние — в венулы (диаметр 30—40 мкм). Сливаясь и укрупняясь, венулы образуют вены. В прекапиллярах имеются сфинктеры; расслабляясь, они пропускают кровь в капилляры, а сокращаясь, препятствуют ее движению.

Стенка крупных вен и артерий состоит из внутренней, средней и наружной оболочек.

Внутренняя оболочка, или интима, имеет три слоя: эндотелий (слой плоских клеток), подэндотелий (состоит из рыхлой соединительной ткани) и внутреннюю эластическую мембрану.

Средняя оболочка, или медиа, в основном состоит из эластических коллагеновых волокон и гладких мышечных клеток. В зависимости от функции и расположения кровеносных сосудов соотношение мышечных клеток и эластических волокон в оболочке различное, это в значительной степени обуславливает и различный тип артерий (эластический, мышечный).

Наружная оболочка, или адвентиция, образуется из рыхлой соединительной ткани, в ней проходят кровеносные сосуды, питающие стенку самих сосудов, имеются жировые отложения.

Вены обеспечивают поступление крови от органов и тканей к сердцу. В отличие от артерий они имеют более тонкую стенку сосудов и легко спадаются, в средней оболочке вен имеется больше коллагеновых волокон, наружная оболочка более толстая, на внутренней поверхности большей части вен имеются клапаны (кармашки), которые, заполняясь кровью и тем самым закрывая просвет вен, препятствуют току крови в обратном направлении, но не мешают продвижению ее к сердцу. Кровь движется в венах в результате сокращения стенок вен и присасывания вакуумным пространством предсердия сердца.

Капилляры очень тонкие кровеносные сосуды, диаметром 5—7 мкм. Они имеются в огромных количествах во всех органах и образуют в них

густую сеть. Стенки большей части капилляров состоят только из эндотелия (слоя плоских клеток, соединенных между собой). Клетки эндотелия, соединяясь своими неровными краями, образуют очень тонкий (1 мкм) слой с микроскопическими пространствами между клетками. Благодаря этому через стенки капилляров осуществляется так называемый тканевый или межклеточный обмен веществ, т. е. из крови через межклеточные пространства эндотелия капилляров поступают питательные вещества к клеткам различных тканей, а от них в кровь — конечные (ненужные) продукты обмена, происходящего в клетках.

Главные артерии. Из желудочков сердца выходят две главные артерии: легочная и аорта.

Легочная артерия несет венозную кровь от сердца к легким, ее ствол выходит из правого желудочка сердца и у корня легких разделяется на две ветви, идущие к правому и левому легким, где каждая из них, в свою очередь, разветвляется, образуя капилляры, охватывающие парабронхи легкого.

Аорта несет артериальную кровь от сердца ко всем частям тела. Корень ее ствола выходит из левого желудочка сердца. Начальная часть аорты (до изгиба ее через правый бронх) называется *краниальной*, а от изгиба до крестцовой кости — *каудальной*.

Краниальная аорта по выходе из левого желудочка ответвляет две сердечные (коронарные) артерии, по ним поступает кровь в мышцы сердца. Несколько дальше от дуги аорты ответвляется левая плечеголовная, а затем и правая плечеголовная артерии. Дальше аорта перегибается через правый бронх и с этого участка называется *нисходящей* или *каудальной*.

Левая и правая плечеголовые артерии, в свою очередь, делятся соответственно на сонные и подключичные артерии. Сонные артерии плотно прилегают друг к другу и иногда образуют один ствол. Расположены они в желобе между вентральными остистыми отростками шейных позвонков и прикрыты длинным сгибателем шеи. По сонным артериям кровь доставляется к шее и голове, а по подключичным — к грудным мышцам и крыльям.

От сонных артерий отходят более тонкие кровеносные сосуды к близлежащим органам и тканям. От нее же ответвляется и *позвоночная артерия*, которая располагается в канале поперечных отростков шейных позвонков; у головы она анастомозирует с ветвью сонной артерии. На участке до места, где отделяется позвоночная артерия, от ствола сонной отходят: *бронхиальная артерия* (идет к нижней гортани, бронхам, краниальным концам легкого), *краниальная кожная артерия* (разветвляется в верхней части шеи), *восходящая глоточная артерия* (тянется к дыхательному горлу), *восходящая шейная артерия* (расположена на боковой части шеи).

Артерии головы. Главными сосудами, несущими кровь к голове, являются сонные артерии (правая и левая). От верхней части сонной

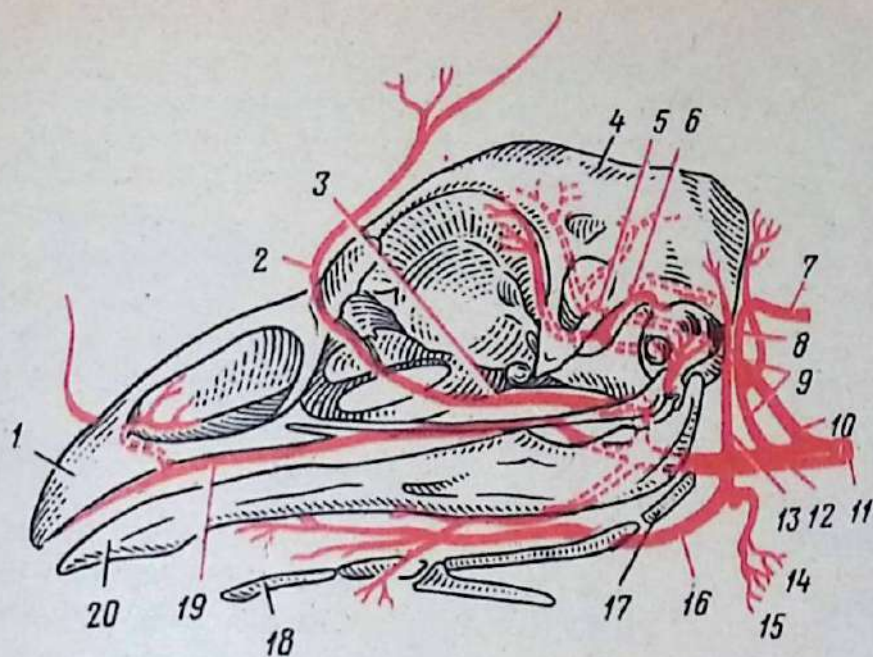


Рис. 59. Схема артерий головы курицы:

1 — надклювье; 2 — гребешковая и 3 — подглазничная артерии; 4 — череп; 5 — мозговая и 6 — глазничная артерии; 7 — нисходящая ветвь сонной артерии; 8 — анастомоз ее с позвоночной артерией; 9 — затылочная часть сонной артерии; 10 — внутренняя сонная артерия; 11 — общая левая сонная артерия; 12 — наружная сонная артерия; 13 — ветвь наружной сонной артерии к задней части нижней челюсти и уху; 14 — пищеводная и 15 — трахейная ветви; 16 — подъязычная артерия (для языка и подклювья); 17 — конечная часть подъязычной кости; 18 — внутриязычная кость; 19 — нёбная артерия; 20 — подклювье.

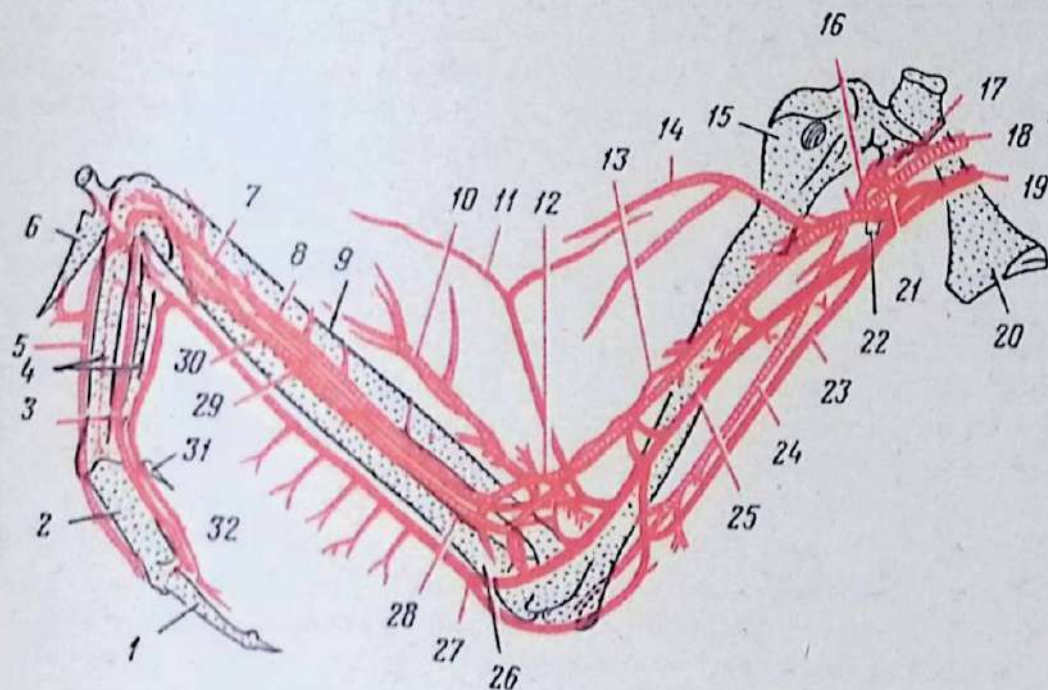


Рис. 60. Сосуды правой грудной конечности гуся с вентральной стороны:

1, 2 — первый и второй суставы третьего пальца; 3 — медиальная и 5 — латеральная ладонные артерии; 4 — кости запястья; 6 — крылышко; 7 — глубокая лучевая (радиальная) артерия; 8 — глубокая лучевая (радиальная) вена; 9 — лучевая кость; 10 — ветвь лучевой артерии; 11 — наружная ветвь лучевой артерии; 12 — лучевая артерия; 13 — плечевая вена; 14 — задняя окружная плечевая артерия; 15 — плечевая кость; 16 — глубокая плечевая артерия; 17 — подлопаточная и 18 — подмышечная артерии; 19 — подмышечная вена; 20 — коракоид; 21 — плечевая артерия; 22 — вилочка; 23 — глубокая плечевая вена; 24 — передняя окружная плечевая артерия; 25 — головная вена плеча; 26 — локтевая кость; 27 — кожно-локтевая вена; 28 — локтевая артерия; 29 — глубокая локтевая вена; 30 — глубокая локтевая артерия; 31 — сустав четвертого пальца; 32 — латеральная вена.

артерии отходят следующие артерии головы: нисходящая шейная, наружная сонная с ответвлениями (глоточная, подъязычная, нёбная, лицевая ветви) (рис. 59). Эта группа артерий снабжает кровью различные отделы головы.

Внутренняя сонная артерия отдает: 1) затылочную артерию с маленькими ветвями, проходящими в полость черепа через затылочное отверстие; 2) ветвь для мышц затылка; 3) ветвь, соединяющуюся с позвоночной артерией. После этого внутренняя сонная артерия входит в особый канал височной кости и делится на верхнюю и нижнюю ветви. Верхняя, или глазничная, ветвь образует в глазнице сеть, от которой отходят ветви для глазного яблока, лба и др. Нижняя, или мозговая, ветвь анастомозирует с носовой ветвью нёбной и лицевой артерий, затем входит в черепную полость, где разветвляется.

Артерии грудной конечности (крыла). Главной из них является подключичная артерия. Она идет к крылу и разветвляется на две ветви: наружную грудную и крыльцовую артерии (рис. 60), а до этого деления отдает внутреннюю грудную ветвь к мышцам.

Наружная грудная артерия своими ветвями снабжает кровью грудные мышцы и кожу.

Крыльцовая артерия, переходящая в подкрыльцовую, идет к крылу. От нее отходят подлопаточная (к мышцам лопатки) и плечевая (к плечевой кости) ветви. Последняя разделяется в области плечевой кости на глубокую плечевую, а в области локтевого сустава на лучевую и локтевую артерии.

Локтевая артерия, расположенная на медиальной поверхности локтевой кости, доходит до запястья и делится на две ветви, идущие к пальцам. От боковой локтевой артерии отходят ветви к маховым перьям.

Каудальная аорта идет в виде равномерного ствола (диаметр 1—1,5 см) от изгиба через правый бронх до разветвления от нее седалищных артерий, а затем резко утончается. Вначале она располагается на вентральной поверхности правого легкого, затем вдоль позвоночника между легкими, семенниками, почками и далее идет в каудальном направлении до полного разветвления. На своем пути она ответвляет парные и непарные ветви.

Парные ветви каудальной аорты. Межреберные задние артерии (2—3 пары) отходят от аорты в области V, VI, VII грудных позвонков, каждая из них, подходя к позвонку, делится на две ветви: каудальную и краниальную.

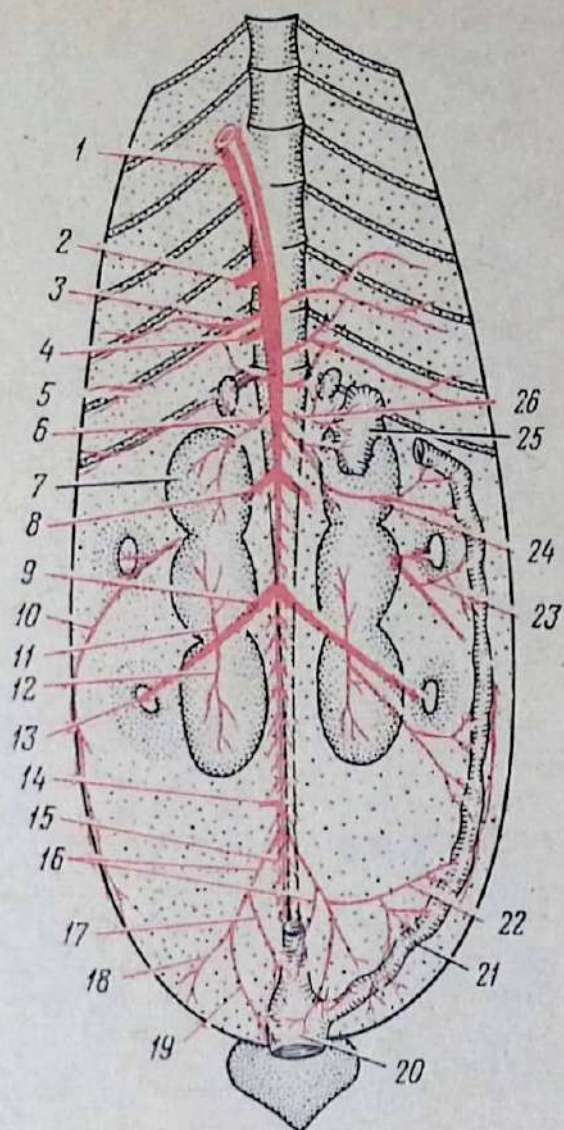
Внутренние семенные артерии отходят от каудальной аорты на уровне краниального края почек и последнего ребра, подходят к семенникам. У женских особей только левая семенная артерия подходит к левому яичнику, правая семенная артерия отдает ветвь правому надпочечнику.

Передние почечные артерии отходят от аорты и разветвляются в краниальных долях почек; у женских особей подходят также к яичнику и начальному отделу яйцевода.

Бедренные артерии отходят от аорты на уровне

Рис. 61. Разветвления каудальной аорты у женских особей птиц:

1 — аорта; 2 — внутренняя, или чревная, артерия; 3 — межреберные артерии; 4 — передняя брыжеечная артерия; 5 — надпочечники; 6 — передняя почечная артерия; 7 — почки; 8 — бедренные и 9 — седалищные артерии; 10 — внутренняя тазовая артерия; 11 — почечные и 12 — задние почечные артерии; 13 — седалищная артерия; 14 — задняя брыжеечная; 15 — средняя крестцовая и 16 — боковые тазовые артерии; 17 — артерии прямой кишки; 18 — крестцовая латеральная артерия, идущая к мышцам крестца и таза; 19 — артерия клоаки и фабрициевой сумки; 20 — клоака с отрезком прямой кишки; 21 — яйцевод; 22, 23 и 24 — ветви артерий яйцеводов; 25 — яичник; 26 — артерии яичника.



каудального края первых долек почек, косо в стороны выходят из брюшной полости к тазовым конечностям. До выхода наружу они отдают внутреннюю тазовую ветвь, идущую к брюшным мышцам. Левая тазовая артерия у женских особей отдает вторую ветвь яйцеводу.

Седалищные артерии отходят от каудальной аорты на уровне передних долей почек, рядом с бедренными артериями, направляются косо в стороны и подходят к тазовым конечностям. У вентральной поверхности каудальной части почек седалищные артерии дают почечные ветви, у женских особей почечная артерия отдает ветвь яйцеводу. После разветвления седалищных артерий аорта утончается и очень тонким стволом доходит до середины крестцовой кости, где и разделяется на боковые тазовые и среднюю крестцовую артерии (рис. 61).

Боковые тазовые артерии отдают по одной ветви прямой кишке и затем делятся на две ветви: одна из них разветвляется в клоаке и фабрициевой сумке, другая (крестцовая латеральная артерия) идет к мышцам крестца и таза, а у женских особей левая тазовая артерия отдает ветвь и каудальному отделу яйцевода.

В области поясницы и крестца аорта отдает небольшие парные поясничные и крестцовые ветви, идущие по бокам позвонков.

Средняя крестцовая артерия — конечная непарная ветвь аорты. Но располагаясь вдоль крестцовых и хвостовых позвонков, отдает маленькие ветви мышцам хвоста и подхвостовой железе и парные ветви по бокам позвонков, поэтому ее относят к парным артериям.

Непарные ветви каудальной аорты. Внутренностная, или чревная, артерия отходит от каудальной аорты на уровне V или IV грудных позвонков, от нее, в свою очередь, отходят:

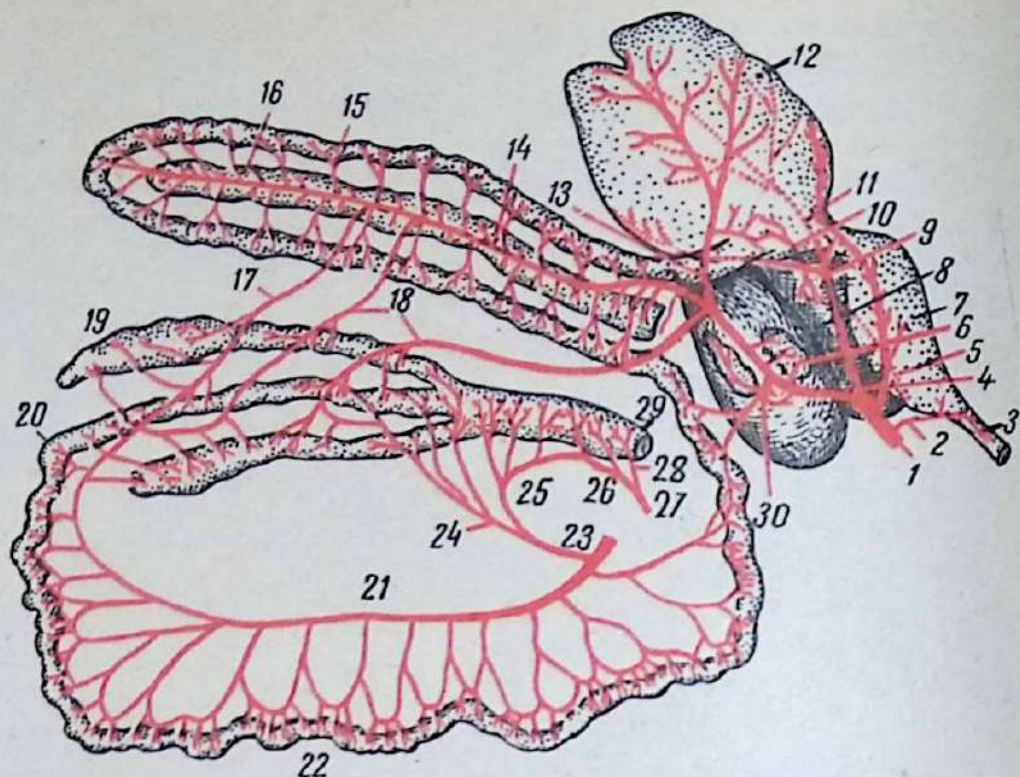


Рис. 62. Разветвления артерии желудочно-кишечного тракта у курицы:

1 — чревная артерия; 2 — возвратная артерия пищевода; 3 — конец пищевода; 4 — артерия мышечного и железистого желудка; 5 — левая желудочная артерия (пунктиром); 6 — селезенка; 7 — железистый отдел желудка; 8 — печень; 9 — артерия левой доли печени; 10 — артерии пилорической части мышечного отдела желудка; 11 — дорсальная ветвь левой желудочной артерии; 12 — мышечный отдел желудка; 13 — правая желудочная артерия; 14 — поджелудочно-двенадцатиперстная артерия; 15 — двенадцатиперстная кишка; 16 — поджелудочная железа; 17 — передняя и 18 — задняя ветви артерий слепых и подвздошной кишок; 19 — слепой отросток кишки; 20 — подвздошная кишка; 21 — передняя брыжеечная артерия и ответвления к тощей кишке — 22; 23 — подвздошная слепо-ободочная артерия; 24 — задняя артерия ободочной кишки; 25 — передняя и 26 — задняя ободочная артерии; 27 — задняя брыжеечная артерия; 28 — передняя артерия прямой кишки; 29 — толстый отдел кишечника; 30 — артерия правой доли печени.

возвратная артерия пищевода, идущая к конечному отделу пищевода; артерия преджелудка, идущая к мышечному и железистому отделам желудка (у уток и гусей отходит одним стволом); левая желудочная и желудочно-двенадцатиперстная артерии.

Левая желудочная артерия отдает возвратную ветвь железистому отделу желудка, несколько веточек краниальной части мышечного отдела желудка, одну ветвь пилорусу и затем делится на две ветви (дорсальную и вентральную), идущие в мышечном отделе желудка. От желудочно-двенадцатиперстной артерии отходят 3—4, а у утиных 4—6 ветви к селезенке, одна ветвь к правой доле печени и от нее — к желчному пузырю и к начальному отделу тощей кишки. Конечными ветвями каудальной аорты являются правая желудочная артерия, разветвляющаяся в железистом отделе желудка, и поджелудочно-двенадцатиперстная артерия, дающая ветви поджелудочной железе и стенкам двенадцатиперстной кишки. От желудочно-двенадцатиперстной артерии отходят несколько ветвей к слепым и подвздошным кишкам.

Передняя брыжеечная артерия отходит от аорты на уровне VI грудного позвонка и тянется в брыжейке тощей кишки в

виде длинного ствола (у кур) и укороченного (у гусей). От этой артерии отходят к тощей кишке 12 ветвей у кур, 25 у гусей и уток. Последние, отходя по обеим сторонам (дихотомически), отдают, в свою очередь, мелкие ветви стенкам кишок (рис. 62).

В начале передней брыжеечной артерии отходят: подвздошно-слепободочная артерия, передняя ободочная артерия, идущая к краниальному отделу толстой кишки и анастомозирующая с задней брыжеечной артерией.

Задняя брыжеечная артерия питает конечный отдел кишечника (большую часть прямой и задний отдел ободочной кишок); она, в свою очередь, разделяется на две мелкие артерии: переднюю артерию прямой кишки и заднюю ободочную артерию.

Артерии тазовой конечности. К ним относятся ветви бедренной, седалищной, наружной и подвздошной артерий (рис. 63).

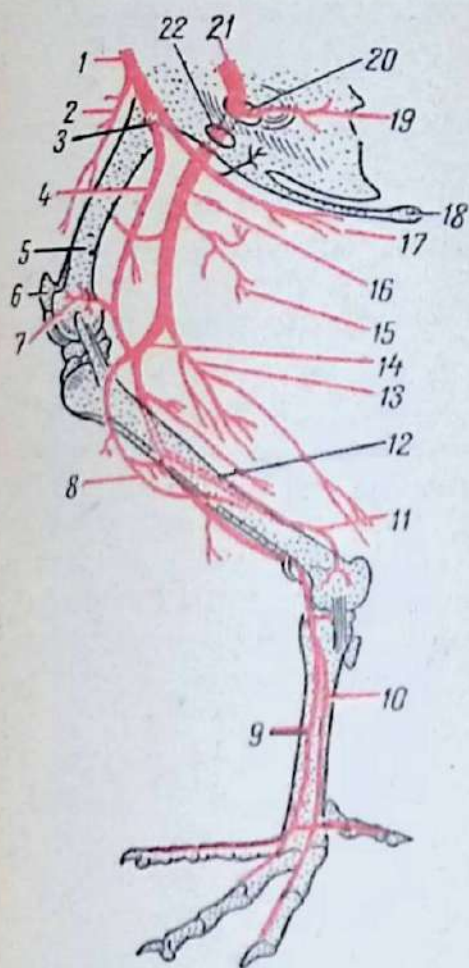


Рис. 63. Артерии тазовой конечности (вид с медиальной стороны):

1 — наружная подвздошная артерия; 2 — окружная бедренная артерия; 3 — шип лонной кости; 4 — бедренная артерия; 5 — бедренная артерия; 6 — коленная чашечка; 7 — надколенная артерия; 8 — средняя голенистая артерия; 9 — дорсальная цевочная артерия; 10 — цевка; 11 — латеральная голенистая артерия; 12 — берцовая кость; 13 — задняя и 14 — передняя голенистые артерии; 15 — глубокая бедренная артерия; 16 — внешнетазовая и 17 — тазовая артерии; 18 — лонная кость; 19 — ягодичная артерия; 20 — седалищное отверстие; 21 — внутритазовая ветвь седалищной артерии; 22 — запятое отверстие.

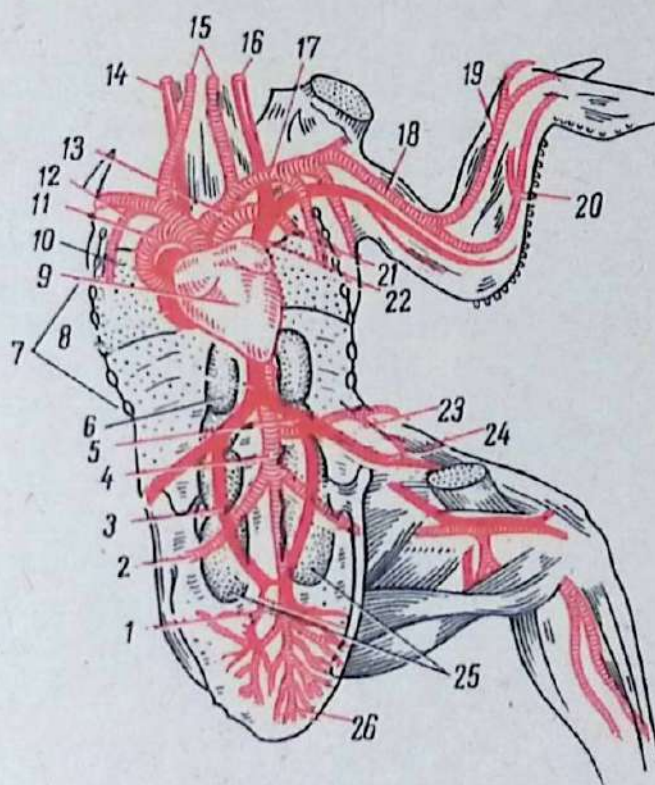


Рис. 64. Схема крупных артерий и вен курицы:

1 — средняя крестцовая и 2 — седалищная артерии; 3 — поджелудочная вена; 4 — нисходящая артерия; 5 — почечная вена; 6 — семенники с семенной артерией; 7 — ребра; 8 — каудальная полая вена; 9 — сердце; 10 — легкое; 11 — дуга аорты; 12 — внутренняя грудная артерия; 13 — левая безымянная артерия; 14, 16 — яремные вены; 15 — общая сонная артерия; 17 — левая подключичная артерия; 18 — плечевая; 19 — радиальная; 20 — локтевая и 21 — легочная артерии; 22 — левая передняя полая вена; 23 — подвздошная артерия; 24 — бедренная вена; 25 — почки; 26 — хвостовая артерия.

Бедренная артерия в брюшной полости разделяется на собственную бедренную артерию, отходящую каудально от последнего ребра к мышцам бедра, и надчревную, идущую к брюшным мышцам и мышцам таза. Бедренная артерия соединяется с краниальной надчревной артерией, образуя артериальное кольцо в брюшной полости.

Седалищная артерия отходит от каудальной аорты после бедренной. Она снабжает кровью большую часть тазовой конечности. В области бедра седалищная артерия отдает ягодичную артерию, а затем проходит между мышцами, отводящими и приводящими голень, снабжает их кровью и делится на большеберцовые артерии (переднюю и заднюю); передняя большеберцовая артерия более развитая, она опускается вниз до плюсневой кости и разветвляется у кур на две, у уток и гусей на три ветви, идущие к пальцам, где образуют густую сеть капилляров.

Вены. Главными стволами являются легочные, полые и воротная вены. Вены малого круга кровообращения, или легочные вены, идут двумя стволами от правого и левого легких, около сердца они соединяются в один ствол и впадают в левое предсердие.

Вены большого круга кровообращения впадают в правое предсердие. К ним относятся не две, как у млекопитающих, а три полые вены: две краниальные и одна каудальная. Каждая краниальная полая вена отдает со своей стороны яремную и подключичную вены. Венечная вена сердца впадает в левую краниальную полую вену.

Яремные вены. Их две: левая и правая. По яремным венам отводится кровь от головы, шеи, пищевода и трахеи. Каждая вена проходит сравнительно близко к коже под шейно-кожной мышцей и параллельно трахее, сопровождается небольшой артерией и блуждающим нервом. Около головы обе вены соединяются поперечной ветвью. На каудальном конце шеи в яремную вену входят краниальная и каудальная ветви позвоночной вены.

Краниальная ветвь позвоночной вены несет кровь от головного и спинного мозга и глубоких шейных мышц, каудальная — от межреберных и боковых шейных вен (рис. 64).

Подключичные вены представляют собой два ствола. Каждый из них образуется из подкрыловой, наружной грудной и некоторых других вен. Они собирают кровь из вен груди, крыльев и со-яремные.

Наружная грудная вена — это тонкий кровеносный сосуд, сопровождающий одноименную артерию.

Вены грудной конечности. К ним относятся крыловая вена и ее ветвь — плечевая вена. Последняя располагается вблизи одноименной артерии, в нее входят лопаточная вена и глубокая вена плеча. Конечными ветвями плечевой вены является лучевая и локтевая вены. Лучевая вена проходит рядом с межкостной артерией, расположена у латерального края предплечья.

Каудальная полая вена несет в правое предсердие

венозную кровь от задней части туловища: из тазовых конечностей, селезенки, желудка, кишечника через систему воротной вены. Она граничит с почками и печенью, переходя в печеночную ямку, и делится на две общие подвздошные вены. Перед входом в правое предсердие каудальная полая вена принимает непарную (среднюю) брюшную, две печеночные, внутреннюю семенную и передние почечные вены.

Вены тазовой конечности и почечные. К ним относятся наружная подвздошная вена и ее продолжение — бедренная вена. В своем начале она отдает заднюю надчревную вену, проходит к колену и на медиальной поверхности голени и плюсны делится на вены пальцев; у водоплавающих птиц они представляются как сосудистые сети (рис. 65).

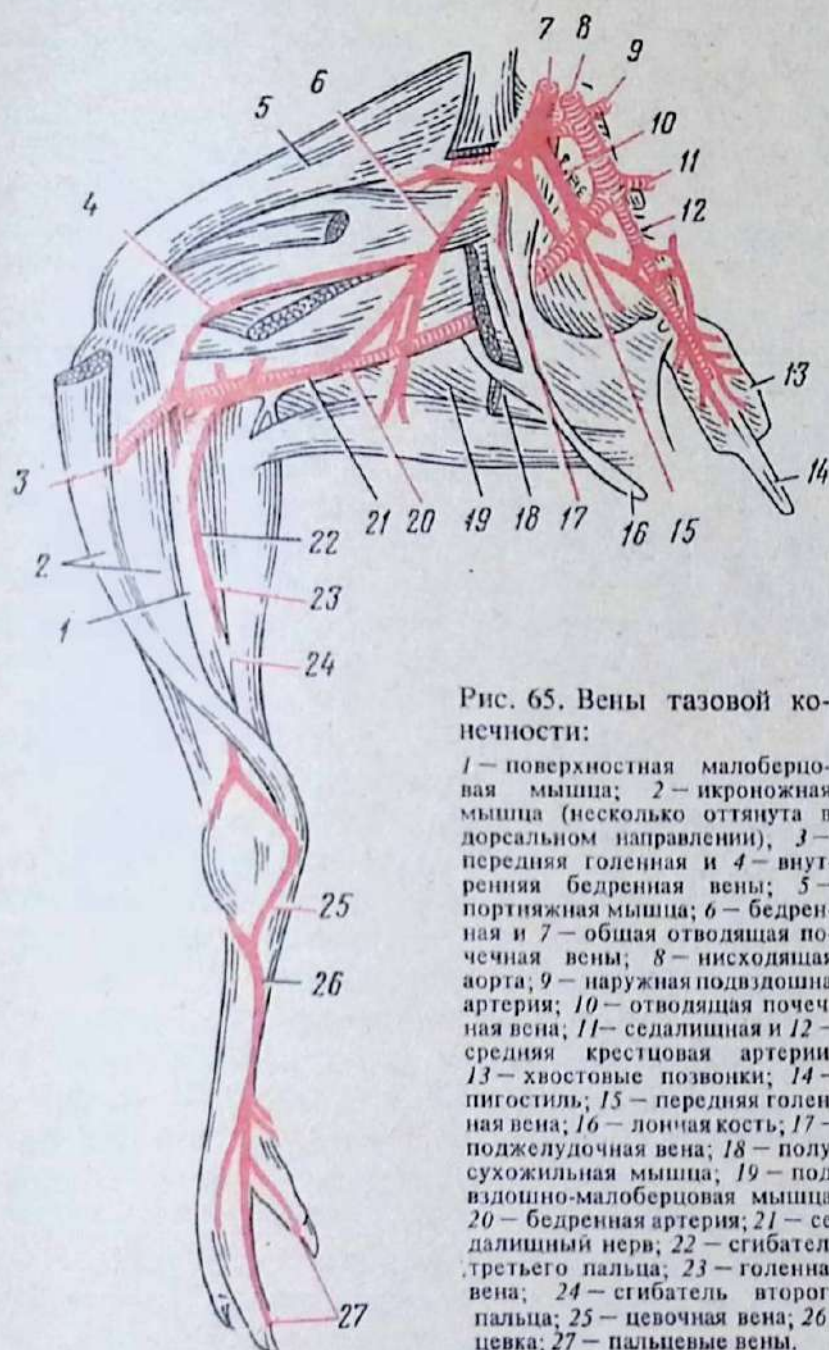


Рис. 65. Вены тазовой конечности:

1 — поверхностная малоберцовая мышца; 2 — икроножная мышца (несколько оттянута в дорсальном направлении); 3 — передняя голенная и 4 — внутренняя бедренная вены; 5 — портняжная мышца; 6 — бедренная и 7 — общая отводящая почечная вены; 8 — нисходящая аорта; 9 — наружная подвздошная артерия; 10 — отводящая почечная вена; 11 — седалищная и 12 — средняя крестцовая артерии; 13 — хвостовые позвонки; 14 — пигостиль; 15 — передняя голенная вена; 16 — лонная кость; 17 — поджелудочная вена; 18 — полусухожильная мышца; 19 — подвздошно-малоберцовая мышца; 20 — бедренная артерия; 21 — седалищный нерв; 22 — сгибатель третьего пальца; 23 — голенная вена; 24 — сгибатель второго пальца; 25 — цевочная вена; 26 — цевка; 27 — пальцевые вены.

Бедренные вены. Каждая бедренная вена входит в почку со своей стороны и в ней соединяется с большой почечной веной, отходящей от хвостовой; образуется общая подвздошная вена, вливающаяся в каудальную полую вену. В начале почечной вены в нее впадает внутренняя подвздошная вена.

Развитые ветви хвостовой вены соединяются с венами пищеварительного канала таким образом, что часть венозной крови, оттекающей от каудального конца тела, попадает в воротную вену.

Воротная вена образуется из вен, идущих от пищеварительных органов (желудка, поджелудочной железы, кишечника, селезенки), а также принимает в себя кровь от каудального конца тела через хвостовую вену, с которой она соединена. Воротная вена имеет два обособленных ствола; один из них распадается на капиллярную сеть в правой, другой — в левой доле печени. Из сети капилляров печени образуются две печеночные вены, которые впадают в ствол каудальной полую вены.

Физиология кровеносных сосудов. Непрерывное движение крови в сосудах обусловлено деятельностью сердца и разностью давления на артериальных и венозных концах сосудистой системы. В передвижении крови по организму активное участие принимают и сами кровеносные сосуды.

Кровяное давление. Стенки сосудов эластичны и под давлением крови, поступающей в результате сокращения сердца, растягиваются в период систолы и спадаются в период диастолы. При этом они давят на кровь и проталкивают ее вперед, создавая кровяное давление. В зависимости от эластичности сосудов и величины их просвета кровяное давление может быть различным. Например, у петуха в сонной артерии оно равно 200, в бедренной — 140 мм ртутного столба; у индейки в бедренной артерии кровяное давление колеблется между 78—122, у индюка — 160—170 мм ртутного столба. Кровяное давление в норме поддерживается на постоянном уровне.

Скорость течения крови зависит от суммарной емкости кровеносных сосудов. Там, где суммарная емкость сосудов маленькая, скорость течения крови большая. Например, в аорте скорость течения в среднем составляет 0,6 м/с, а в момент систолы до 1 м/с; в капиллярах суммарная емкость самая большая, поэтому скорость течения крови в них самая меньшая (от 0,3 до 0,16 мкм/с). Замедленное течение крови в капиллярах способствует лучшему обмену веществ между кровью и тканевой жидкостью.

Капилляры — это обменные пункты, где отдаются тканям жизненно необходимые вещества, а из тканей забираются ненужные продукты жизнедеятельности клеток.

В зависимости от физической нагрузки и уровня обмена веществ в организме количество капилляров, участвующих в кровоснабжении, может изменяться в пределах 10—90%.

Через эндотелиальные промежутки капилляров проходят в межклеточные пространства тканей плазма крови и содержащиеся в ней молекулы белков, жиров, углеводов. Питательные вещества и жидкость

проникают в клетки через субмикроскопические поры, имеющиеся в их оболочках, затянутых тончайшей пленкой, которая открывается, когда нужно пропустить жидкость. Через капилляры происходит обмен кислорода, углекислого газа и других веществ.

Кровь из артерии в вены поступает по артериолам, прекапиллярам, капиллярам, посткапиллярам, венулам. Комплекс этих сосудов называется микроциркуляторным руслом, а процесс движения крови по ним — микроциркуляцией. От нее в значительной степени зависят адаптация организма к условиям среды и уровень обменных процессов, жизнь клеток и всего организма. Очень важной является и лимфатическая микроциркуляция — движение лимфы по лимфатическим прекапиллярам, капиллярам и посткапиллярам. Благодаря лимфатической микроциркуляции из тканей удаляются отработанные вещества, неиспользованные крупномолекулярные белки, липиды. Микроциркуляция крови и лимфы едина.

Продвижению крови по венам помогают скелетные мышцы. При сокращении мышц кровь в венах продвигается только к сердцу, так как клапаны в венах открываются лишь в сторону сердца.

Регуляция просвета сосудов осуществляется при участии нервов. В продолговатом мозге имеется сосудодвигательный центр — скопление двух групп клеток; одна из них регулирует расширение, другая — сужение сосудов. В спинном мозге есть также сосудодвигательные центры, но они проявляют самостоятельное влияние только в том случае, когда нарушается регулирующее действие со стороны вышележащих отделов центральной нервной системы.

Нервы, изменяющие просвет сосудов, называются **сосудодвигательными**. Они могут быть **сосудосуживающими** и **сосудорасширяющими**. **Сосудосуживающие (вазоконстрикторы)** — это нервы симпатической системы, тела этих нервных клеток заложены в спинном мозге. Сосудосуживающие нервы, выйдя из спинного мозга в передних корешках, образуют ганглии и затем как постганглионарные нервы подходят к мышцам сосудов.

Центры **сосудорасширяющих нервов (вазодилаторы)** расположены в межпозвоночном узле. Сосудорасширяющими нервами в основном являются афферентные волокна, которые выполняют двойную функцию: проводят возбуждение к спинному мозгу (это их прямое назначение) и приносят импульсы в обратном направлении, от центра к мышцам стенок сосудов. На просвет кровеносных сосудов могут оказывать влияние и гуморальные факторы — гормоны и некоторые продукты обмена веществ. Обычно в организме стенки артерий несколько напряжены и просвет их сужен. Это состояние постоянного напряжения называется **сосудистым тонусом**.

ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

К системе органов лимфообращения относятся лимфатические пространства, капилляры, лимфатические сосуды, лимфатические узлы и лимфа.

Л и м ф а — бесцветная мутноватая жидкость, по своему химическому составу и осмотическому давлению напоминает плазму крови. Она свертывается, в ее составе есть белок фибриноген. Воды в лимфе содержится 94—95%, сухого остатка — 5—6%. Лимфа заполняет лимфатические протоки, а также содержится (в виде серозной жидкости) в различных полостях тела (желудочек мозга, полости суставов, сердечной сумки, плевры, брюшины).

Образование лимфы. Есть две теории образования лимфы. Согласно физико-химической, или фильтрационной, теории, через стенки капилляров в межклеточные пространства просачивается жидкая часть крови, а эритроциты и лейкоциты задерживаются в кровеносных сосудах. Таким путем образуется межклеточная, или тканевая, жидкость. Она омывает все клетки. Из крови в нее поступают питательные вещества и кислород для клеток, а из нее в кровь — продукты обмена веществ. Тканевая жидкость, поступая в лимфатические сосуды, дополняется лимфоцитами и становится лимфой. Секреторная теория объясняет образование лимфы тем, что ее секретируют клетки, составляющие стенки капилляров.

Передвижение лимфы. Лимфа движется по капиллярам и лимфатическим сосудам. Капилляры лимфатической системы — это мельчайшие просветы между клетками, они выстланы эндотелием. Капилляры впадают в лимфатические сосуды среднего и большего диаметра, которые имеют карманообразные клапаны, открывающиеся только по течению лимфы.

Лимфатические сосуды всего тела соединяются в два главных ствола: левый и правый млечные, так называемые грудные протоки. Они идут краниально по обеим сторонам позвоночного столба по направлению к шее. Оба ствола соединяются между собой поперечными протоками и впадают в конечные отделы левой и правой яремных вен.

Стенки лимфатических сосудов очень тонкие и легко спадаются под давлением. Но в каудальной части тела имеются расширения лимфатических сосудов со значительным мышечным слоем. Они обладают способностью сокращаться и продвигать лимфу. Эти участки получили название «лимфатические сердца». Движению лимфы способствуют сокращение мышц тела и давление наполненных воздухоносных мешков.

Лимфатические сосуды, подходя к лимфатическим узлам, распадаются на сеть мельчайших сосудов, которые потом снова соединяются в крупный сосуд.

Лимфатические узлы у птиц не имеют четкого разделения на мозговую и корковую слои. Узлы хорошо выражены у гусей и уток в нижней части шеи, около яремной вены, и в области поясницы, на уровне половых желез, между аортой и внутренним краем почек. Лимфатические узлы имеют серовато-белый или темно-серый цвет. Они состоят из соединительнотканной капсулы, вторичных лимфатических узелков округлой или многоугольной формы, расположенных по всему лимфатическому узлу, и небольшого числа кровеносных сосудов.

Во вторичных узелках имеются так называемые реактивные центры — светлые участки, состоящие из крупных лимфоцитов и макрофагов. В этих центрах в какой-то степени обезвреживаются болезнетворные микробы и токсические вещества, попавшие в лимфу. Во вторичных узелках размножаются лимфоциты, моноциты, а по некоторым данным, и гранулоциты (Г. С. Крок). У кур нет типичных лимфатических узлов. У них по всему телу разбросана лимфоидная ткань в виде одиночных лимфоидных скоплений (узелков без капсулы). Наиболее выраженные места лимфоидных скоплений находятся в печени, коже, стенках кишечника, легких, глотке, нёбе. В них, так же как в лимфатических узлах уток и гусей, есть реактивные центры.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятий. 1. Определить количество гемоглобина в крови. 2. Приготовить дефибринированную кровь и получить плазму. 3. Изучить строение сердца и топографию главных кровеносных сосудов.

Материалы и инструменты: цыплята или куры, препараты, гемометр Сали, 0,1 н. раствор соляной кислоты, плакаты кровеносной системы, скальпели, пинцеты, лупы, ножницы остроконечные, фарфоровые чашечки, стеклянные или деревянные палочки, пробирки.

З а д а н и е 1. *Определить количество гемоглобина.*

Гемометр Сали состоит из трех пробирок одинакового диаметра, помещенных на деревянный штатив, задняя стенка которого сделана из матового стекла. Средняя пробирка градуирована, две крайние наполнены стандартным раствором солянокислого гематина и запаяны. К прибору приложены капиллярная пипетка и стеклянная палочка.

В градуированную пробирку наливают 0,1 н. раствор соляной кислоты до метки 2. Берут кровь из подкрыловой вены или гребня. Капиллярной пипеткой набирают кровь до метки 20 мм³ и выдувают ее на дно градуированной пробирки так, чтобы верхний слой соляной кислоты остался прозрачным. Не вынимая из раствора, пипетку споласкивают соляной кислотой. Вынимают пипетку, жидкость в пробирке тщательно перемешивают стеклянной палочкой и оставляют в штативе на 5 мин. После этого в пробирку с исследуемой кровью добавляют пипеткой дистиллированную воду до тех пор, пока цвет раствора не будет одинаковым с цветом жидкости в стандартных пробирках. Цифра, стоящая на уровне жидкости, показывает процентное содержание гемоглобина в исследуемой крови (г%).

Поскольку в стандартных растворах содержится 15 г% гемоглобина, пересчет на единицы Сали довольно прост:

$$x = n \cdot 6$$

где x — содержание гемоглобина в единицах Сали;

n — найденное количество гемоглобина в г%.

З а д а н и е 2. *Приготовить дефибринированную кровь и получить плазму.*

Открывают клюв птицы и через ротовую полость остроконечными ножницами перерезают с левой стороны яремную вену. Вслед за этим сразу же ножницами проникают через нёбную щель и делают укол в правую долю мозжечка. Придерживая птицу, опускают ее голову над фарфоровой чашкой. Образовавшийся сгусток в ротовой полости, мешающий истечению крови, следует удалить. Кроме фарфоровой чашки, кровь набирают еще в пробирку с антикоагулянтом (раствор гепарина 15—20 ед. на 1 мл крови).

Кровь в чашке сбивают 10—15 мин стеклянной палочкой с наконечником или метелочкой из 3—4 тоненьких деревянных палочек. Образовавшиеся нити фибрина удаляют. Оставшаяся в чашке жидкость не свертывается — это дефибринированная кровь. Переливают ее в пробирку и ставят на штатив. Через некоторое время форменные элементы осаждаются на дно, а сверху отстаивается кровяная сыворотка.

Стабилизированную кровь (из пробирки с антикоагулянтом) переливают в центрифужные пробирки и центрифугируют при 3000 об/мин в течение 5—7 мин. Форменные элементы осаждаются на дно, сверху образуется плазма.

З а д а н и е 3. *Изучить строение сердца и главных кровеносных сосудов.*

С убитой птицы удаляют перо и пух, тушку кладут на спинку в ванночку. За грудной костью в области живота (хлупа) пинцетом оттягивают кожу и ножницами делают по-слойный разрез по белой линии, не затрагивая внутренние органы. Вправо и влево параллельно грудной кости в направлении к ключице перерезают ткани и ребра. Одной рукой придерживают тушку, другой поднимают грудную кость и открывают грудную полость. Слегка оттягивают назад мышечный отдел желудка, перерезают пищевод и удаляют пищеварительный тракт, печень и селезенку. Печень удаляют осторожно, чтобы не повредить желчный пузырь. В тушке остаются почки, вдавленные в ямку костей, легкие между ребрами и сердце с отходящими от него главными кровеносными сосудами. После общего осмотра зарисовывают сердце с главными сосудами. Затем отрезают главные сосуды и сердце извлекают из тушки. Рассматривают сердце, разрезают его через полости левого желудочка, левого предсердия и правого желудочка, правого предсердия. Осматривают стенки и камеры сердца (предсердия, желудочки). Сравнивают желудочки и предсердия, а также сопоставляют клапаны всех отверстий сердца и указывают их различия.

Аппарат органов дыхания

Аппарат дыхания птиц составляют: носовая полость, верхняя гортань, трахея, нижняя гортань, бронхи, легкие, воздухоносные мешки (рис. 66).

Дыхание — это процесс обмена газов между организмом и окружающей средой, выделения респираторной влаги и с ней тепла, окисления питательных веществ и высвобождения энергии для нужд организма. Животный организм нуждается в постоянном поступлении кислорода и выделении углекислого газа.

Процесс дыхания включает в себя внешнее, или легочное, дыхание (обмен газов между организмом и внешней средой в легких),

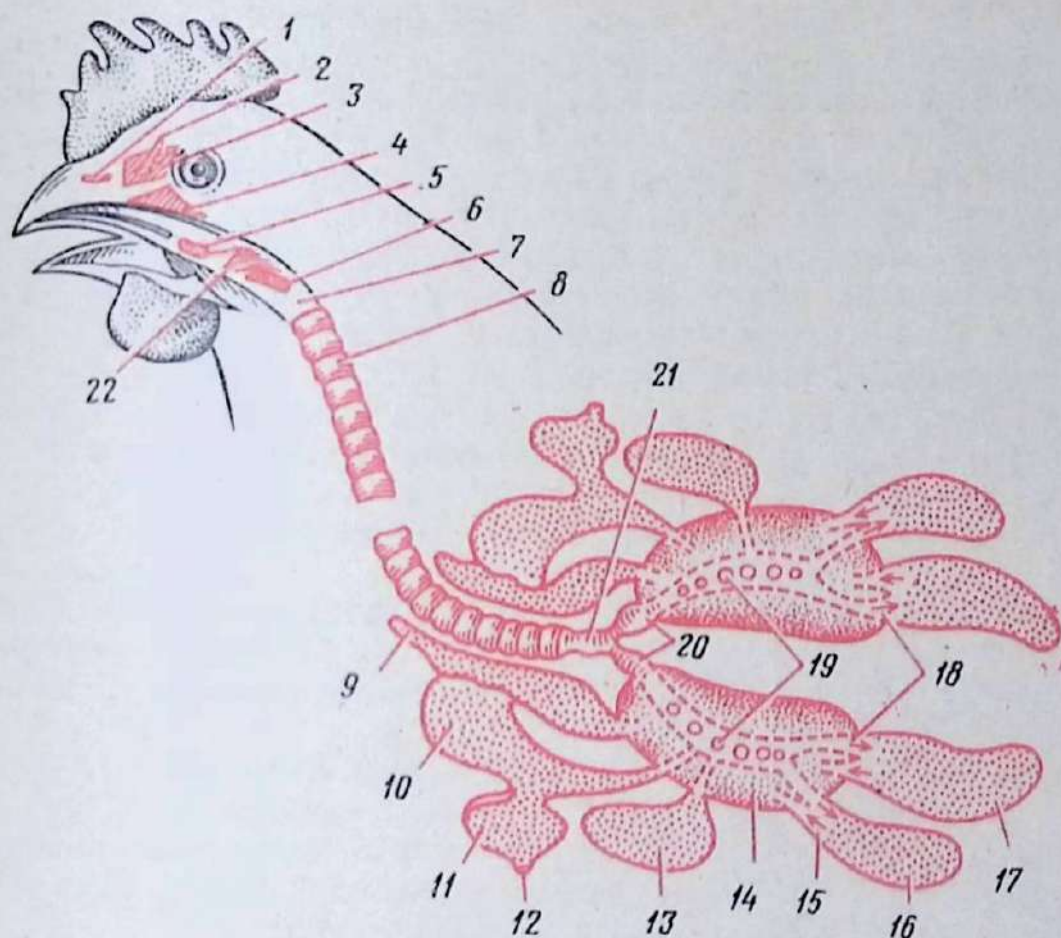


Рис. 66. Органы дыхания птиц:

1 — ноздри; 2 — решетчатая кость; 3 — носовая полость; 4 — синус; 5 — нёбная щель; 6 — щель гортани; 7 — верхняя гортань; 8 — трахея; 9 — шейные воздухоносные мешки; 10 — межключичный воздухоносный мешок; 11 — подмышечный дивертикул; 12 — ход в плечевую кость; 13 — краниальные грудные воздухоносные мешки; 14 — легкие; 15 — воздуховыводящий бронх каудальных грудных воздухоносных мешков; 16 — каудальные и грудные воздухоносные мешки; 17 — воздухоносные брюшные мешки; 18 — эктобронх в брюшные мешки; 19 — преддверие главного бронха с отверстиями во вторичные бронхи; 20 — главные бронхи; 21 — нижняя (певчая) гортань; 22 — глотка.

внутреннее, или тканевое, дыхание (процессы обмена газов в клетках) и транспортирование кровью кислорода из легких в ткани, а углекислого газа в обратном направлении.

Органы дыхания у птиц обеспечивают обмен газов между организмом и окружающей средой, участвуют в регуляции водного, теплового обмена и кислотно-щелочного равновесия.

СТРОЕНИЕ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Носовая полость развивается из первичной ротовой полости на седьмые сутки инкубации. Носовая полость короткая, разделена костной и частично хрящевой перегородкой, располагается в верхней части клюва. У основания клюва находятся ноздри небольшого диаметра (рис. 67). У кур под наружной ноздрей есть чешуйчатый неподвижный носовой клапан, а вокруг ноздрей венчик из перьев в виде щетинок, которые предохраняют их от попадания пыли и воды. У водоплавающих птиц ноздри имеют щелевидную форму, окружены восковой кожицей, расположены перед носовой перегородкой, не разделены перегородкой и поэтому имеют просвет, так называемые проходимые ноздри, в отличие от куриных, у которых ноздри непроходимые (отделены друг от друга перегородкой). Слизистая оболочка их состоит из рыхлой ретикулярной ткани, многоядерного мерцательного эпителия с бокаловидными клетками; имеются мелкие железы, выделяющие секрет. Эпителий желез состоит из высоких призматических клеток.

У входа в носовую полость, вблизи медиальных углов глаз, расположена носовая (бауменова) железа, выводной проток которой проходит вперед по наружной носовой стенке и открывается в передний отдел носовой полости. У голубей она отсутствует, у кур малого размера, хорошо развита у водоплавающих птиц. В каждой половине носовой полости есть по три носовые раковины в виде завитков из хряща.

Носовая полость является органом, где происходят фильтрация воздуха и освобождение его от механических примесей. Большое количество кровеносных капилляров в полости способствует подогреву воздуха. Носовая полость через хоаны соединяется с ротоглоточной полостью, поэтому воздух из нее может поступать в трахею.

Верхняя гортань образуется в эмбриональный период как расширение трахеи из внутренней складки глоточной кишки. Она расположена за абортальным кра-

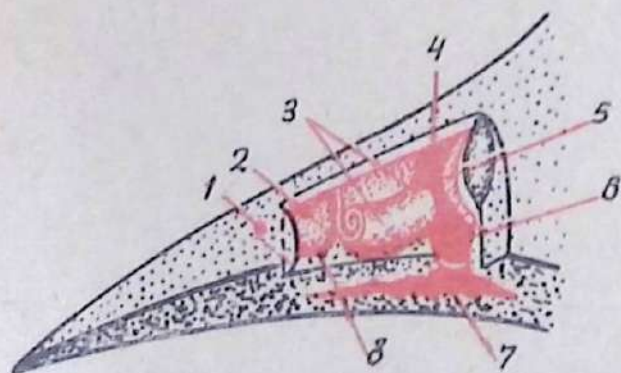


Рис. 67. Схематическое изображение строения носовой полости:

1 — ноздри; 2 — передняя и 3 — средняя раковины; 4 — обонятельная область (дорсальная камера); 5 — задняя раковина; 6 — средняя камера носовой полости; 7 — хоаны; 8 — преддверие носовой полости.

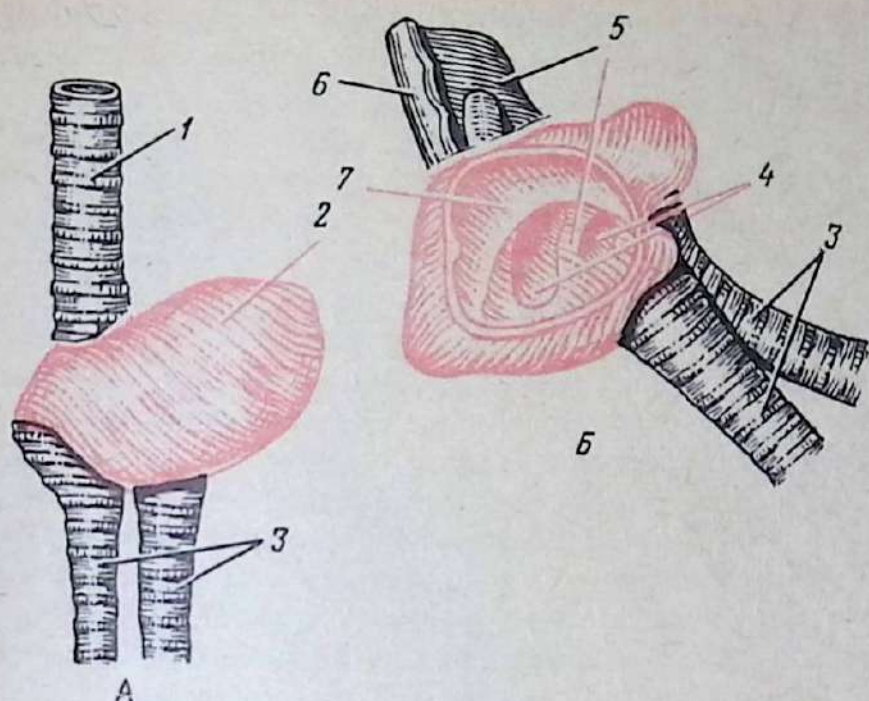


Рис. 68. Нижняя (певчая) гортань:

А — снаружи; Б — вскрытая; 1 — трахея; 2 — барабан; 3 — главные бронхи; 4 — отверстия в трахею; 5 — мостик, образующий боковой отросток в барабанную полость; 6 — нижняя часть трахеи; 7 — кольцеобразная складка слизистой оболочки.

ем языка, между язычной костью и хоанами, в виде овальной или округлой подушки, разделенной продольной щелью — входом гортани.

Гортань с боков ограничена перстневидным и черпаловидным хрящами. Перед входом в нее расположен надгортанник в виде маленькой поперечной складки с сосочками, который предохраняет от попадания в гортань пищевых масс.

Перстневидный хрящ, образующий основу гортани, состоит из верхней, нижней и двух боковых частей. Нижняя часть состоит из окостеневшей пластинки, остальные — из гиалинового хряща.

Нижняя, или певчая, гортань расположена на конце трахеи, в том месте, где она разветвляется на бронхи (рис. 68). Ее образуют последние три кольца трахеи, которые соединяются у кур или полностью окостеневают у гусей и селезня. В результате образуется барабан для резонанса звука. В образовании барабана участвует и левый бронх. В нижнюю часть полости барабана вдается хрящевая перегородка певчей гортани, состоящая из последнего кольца трахеи. У птиц нет голосовых связок в верхней гортани, вместо них есть голосовые щели в нижней гортани. Мускулатура нижней гортани может быстро сокращаться или расслабляться и тем самым натягивать или ослаблять перепонки; воздух, проходящий струей из легких, приводит их в колебание. У кур в нижней гортани имеются две соединительнотканые складки, которые колеблются при прохождении воздуха, издавая звук. У певчих птиц эти мышцы более дифференцированы, чем у других видов птиц (их может быть до семи пар).

Трахея — полая, сравнительно длинная трубка, состоящая из хрящевых или окостеневших колец, которые между собой соединены короткими межкольцевыми соединительнотканными связками. Число колец может быть у кур 110—120, у гусей 200. Кольца трахеи у куриных обычно хрящевые, а у водоплавающих окостеневшие. Диаметр трахеи по всей длине одинаковый, иногда трахея несколько сужена в нижнем конце и расширена в одном-двух местах в середине. Трахея образует изгибы, поэтому длина ее превосходит длину шеи. Вступив в грудную полость, трахея разделяется на два бронха.

Стенки трахеи состоят из слизистой, волокнисто-эластичной и серозной оболочек. В толще слизистой оболочки имеется большое количество тесно расположенных альвеолярных желез. Они вырабатывают слизь, смазывающую мерцательный эпителий, который выстилает внутреннюю поверхность трахеи. Мерцательный эпителий задерживает механические примеси воздуха и способствует выбрасыванию их наружу при выдохе. Трахея приводится в движение двумя мышцами: ключично-трахеальной и грудино-трахеальной, которые сопровождают ее.

Бронхи. В грудной полости, позади грудной кости, трахея делится на два главных бронха по 6—7 мм длиной и 5—6 мм в диаметре. Один из них входит в правое, другой — в левое легкое. Войдя в легкие, оба

ствола главных бронхов ампулообразно расширяются в начале второй трети ventральной поверхности, утрачивают хрящевые кольца и до конца легких продолжают в виде перепончатых каналов, далее впадают в соответствующие им брюшные воздухоносные мешки с каудаль-

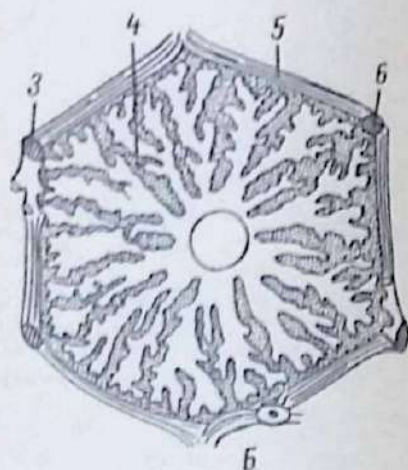
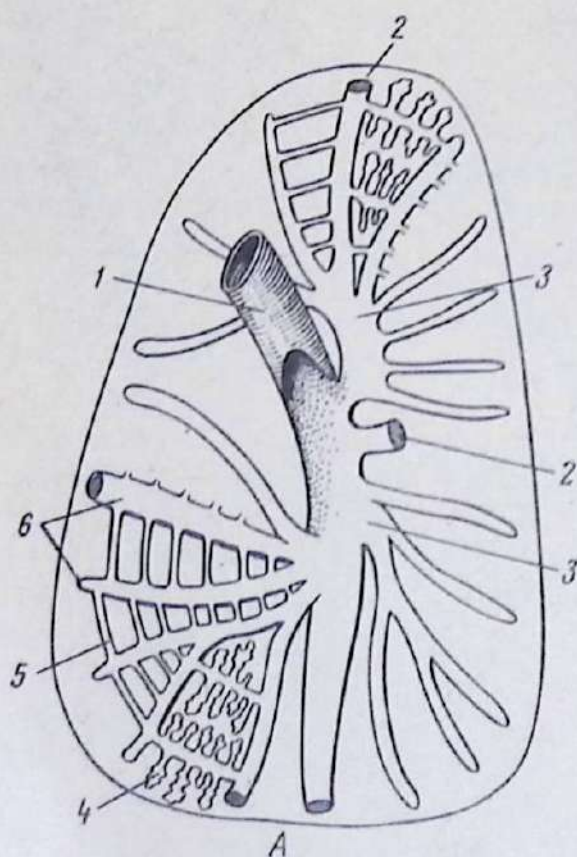


Рис. 69. Схема строения бронхов:

А — общий вид; Б — в разрезе через парабронхи; 1 — главный бронх; 2 — место соединения бронхов с воздухоносными мешками; 3 — энтобронхи; 4 — воздухоносные капилляры (воронки); 5 — парабронхи; 6 — эктобронхи.

ным отверстием. Участок главного бронха, окруженный хрящевыми кольцами, проходящий через все легкое, называется мезобронхом, а место его ампулообразного расширения — вестибулярной частью.

От каждого мезобронха на всем пути его следования внутри легкого берут начало вторичные бронхи — энтобронхи и эктобронхи. Энтобронхи идут от мезобронха легкого в дорсальном направлении, а эктобронхи — в вентральном. Эктобронхи и энтобронхи, в свою очередь, распадаются на большое количество мелких легочных трубочек — парабронхов, или бронхиол, а последние образуют выросты (воронки) (рис. 69). Эктобронхи вместе с парабронхами и выростами составляют единую вентральную бронхиальную систему, а энтобронхи вместе с парабронхами и выростами — дорсальную бронхиальную систему.

Вентральная бронхиальная система состоит из четырех бронхов: ключичного, шейного, переднего грудного, бокового.

Ключичный бронх отходит от главного бронха в самом его начале, до его расширения. Он огибает легочную артерию, впадает в ключичный мешок и снабжает его воздухом. Затем бронх продолжается дальше и оканчивается в середине легких, где сообщается с передним грудным воздухоносным мешком.

Шейный бронх от главного бронха доходит до краниальной верхушки легкого, где впадает в шейные воздухоносные мешки. Шейный и ключичный бронхи обслуживают кранио-вентральную часть легких.

Передний грудной (краниальный диафрагматический) бронх впадает в передний грудной воздухоносный мешок и обеспечивает его воздухообмен.

Боковой (латеральный) бронх является ветвью каудально-вентрального бронха, идущей к боковой части легкого и обеспечивающей ее воздухообменом.

Указанные бронхи вентральной системы и соответствующие им воздухоносные мешки (ключичный, шейный, передние грудные и боковые) составляют выдыхательную систему.

Дорсальная бронхиальная система состоит из 5—6 или 10 бронхов одинаковой длины, идущих от средней части легких в дорсальном направлении. Дорсальные бронхи составляют вдыхательную систему.

Парабронхи и воронки образуют строгую систему воздушных трубочек и отходящих от них воздухоносных воронок в форме шестигранной призмы. Вся система воздухоносных путей представляет собой густую сеть горизонтальных и вертикальных (больших и малых размеров) воздухоносных трубочек, по схеме похожую на паутиновую сеть. Стенки парабронхов состоят из нежной соединительной ткани, которая пронизана сетью мельчайших кровеносных сосудов. Эти кровеносные сосуды (капилляры) обвивают воздухоносные каналы и вплетаются в сеть парабронхов, создавая тесный контакт между кровеносными сосудами и воздухоносными каналами, обеспечивая газообмен в легких.

Стенки главных бронхов состоят из: слизистой оболочки, в которой имеются мелкие железы, вырабатывающие слизь и мукоидные образования; волокнисто-эластической оболочки, включающей полукольца гиалинового хряща, и серозной наружной оболочки.

Легкие у птиц светло-красного цвета, губчатого строения, имеют форму вытянутых пакетиков, малоэластичны.

Легкие располагаются в грудной полости по сторонам позвоночного столба, занимая пространство от первого ребра до краниального края почки. Легкие не лежат свободно. Верхней (дорсальной) поверхностью они вдавлены между ребер и прочно соединяются с ними. На поверхности легких хорошо заметны бороздки, образованные ребрами. Нижняя поверхность легких ровная и покрыта плеврой. Между гладкой поверхностью, покрытой плеврой, и грудной костью имеется пространство — полость средостения, где размещаются сердце и часть воздухоносных мешков. Масса легких составляет $\frac{1}{180}$ часть от общей массы птицы. В зависимости от возраста и вида птиц абсолютная масса легких различная: у взрослых уток она равна 20 г, у гусей — 30, у индеек — 25, у кур — 9 г.

Паренхима легких разделяется соединительной тканью на мельчайшие дольки. В прослойках соединительной ткани разветвляется у кур менее развитая, а у уток и гусей более развитая сеть кровеносных сосудов. Внутренняя поверхность стенки грудной клетки и наружная часть легких покрыты серозной оболочкой — плеврой, которая состоит из мезотелия и соединительной ткани, включающей эластические волокна. Легкие выполняют одну из главных функций в общем газообмене. В них поступает кислород атмосферного воздуха, который через эпителиальные клетки мельчайших дыхательных трубочек и эндотелий капилляров переходит в кровь.

С выдыхаемым воздухом через легкие выделяются углекислый газ и влага.

Воздухоносные мешки — это тонкостенные образования, которые заполняются воздухом. Они являются расширением бронхов и продолжают их. Снаружи воздухоносные мешки покрыты серозной оболочкой с соединительнотканными волокнами, внутри — слизистой оболочкой с мерцательным эпителием; в каудальной части мешков мерцательный эпителий переходит в плоский. В стенке мешков имеется негустая сеть кровеносных сосудов. Воздухоносные мешки одним концом соединяются с бронхами, а некоторые из них дают отростки (дивертикулы) к костям, имеющим воздушные полости. Всего в теле птицы девять основных мешков, в том числе четыре парных, расположенных симметрично по обеим сторонам, и один непарный.

К парным мешкам относятся: шейные, грудные передние и задние, брюшные, или абдоминальные (рис. 70). Непарный воздухоносный мешок — ключичный. Воздухоносные мешки делятся на вдыхательные, наполняющиеся воздухом при вдохе (брюшные и задние грудные), и выдыхательные, наполняющиеся воздухом при выдохе (передние грудные, шейные, ключичный).

Вдыхательные воздухоносные мешки. Главный бронх у заднего края

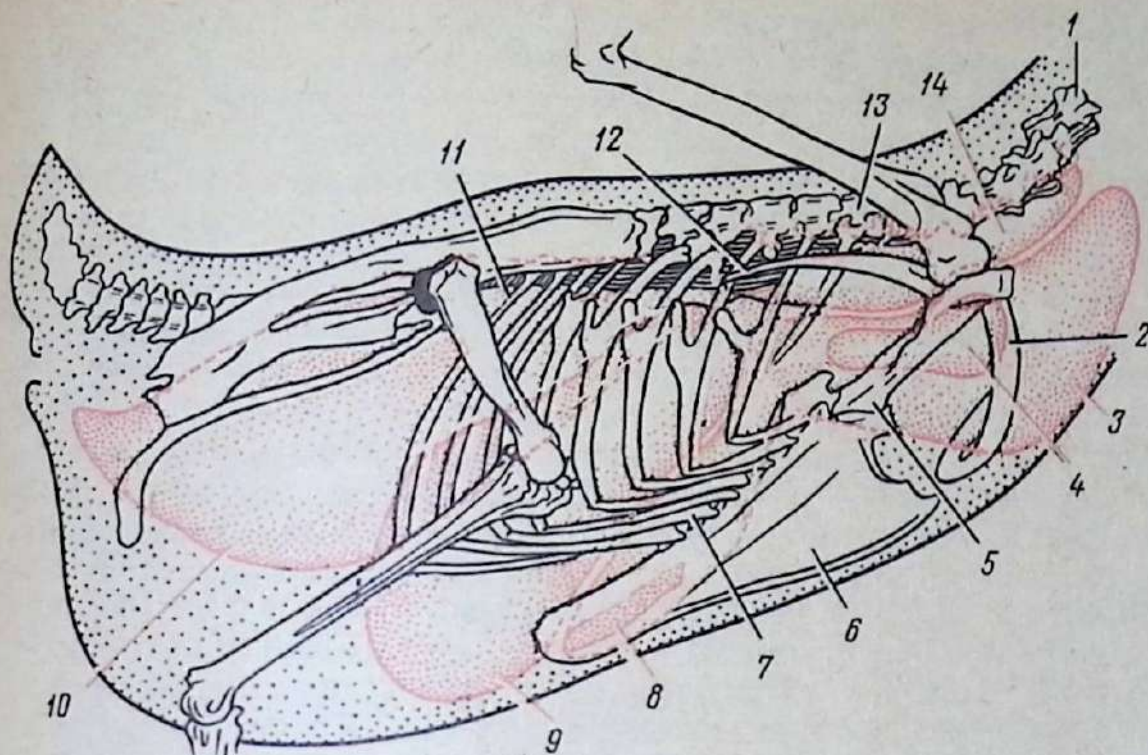


Рис. 70. Проекция воздухоносных мешков на скелет с правой стороны утки:

1— шейные позвонки; 2— ключицы; 3— межключичный мешок; 4— подмышечный дивертикул; 5— коракоид; 6— киль грудной кости; 7— грудные концы ребер; 8— краниальный и 9— каудальный грудные воздухоносные мешки; 10— брюшной (абдоминальный) мешок; 11— последнее ребро; 12— лопатка; 13— первый грудной позвонок; 14— шейный воздухоносный мешок.

легкого разветвляется и, расширяясь, образует вдыхательные воздухоносные мешки — брюшные и задние грудные.

Брюшные мешки самые большие из всех имеющихся воздухоносных мешков. Они расположены по сторонам брюшной полости и образуют ответвления (дивертикулы) к тазовым и крестцовым костям. Левый воздухоносный мешок меньше правого. При вдохе они заполняются воздухом и тем самым поднимают и несколько отодвигают к средней линии тела внутренние органы брюшной полости. Поэтому у птиц наблюдается брюшной тип дыхания. По колебанию брюшной полости (хлупа) можно сосчитать количество дыханий в единицу времени.

Задние грудные (диафрагматические) мешки расположены в области диафрагмы, между грудной и брюшной полостями, краниально от воздухоносных брюшных мешков и вентрально от брюшных органов. Они получают воздух из краниально-диафрагматических бронхов, не имеют отростков к костям.

Выдыхательные мешки. Передние грудные расположены краниально от заднегрудных воздухоносных мешков, снабжаются воздухом из передних грудных бронхов, не имеют отростков к костям.

Шейные мешки расположены в нижней части шеи, вытянуты по направлению к черепу параллельно шейным позвонкам. Они имеют сообщение с шейными и грудными позвонками, а также с позвоночной частью ребер.

Ключичный воздухоносный мешок расположен каудально от ключицы. Заполняется воздухом из ключичного бронха, который отходит от главного бронха у самого начала легкого. Ключичный мешок имеет боковые отростки (дивертикулы) — подмышечные мешки, которые идут к плечевой и грудной костям, к ребрам и костям плечевого пояса.

За исключением шейных, все воздухоносные мешки в своем проксимальном конце, т. е. в той части, которая прилегает к поверхности легкого, вблизи входных отверстий имеют еще и выходные отверстия и воздуховыводящий бронх; последний идет внутрь легкого, разветвляется в нем и соединяется с парабронхами вентральной бронхиальной системы легкого.

По данным некоторых исследователей, в начале воздуховыводящего бронха есть клапан, или запирательный кольцевой сфинктер, который закрывается при вдохе и открывается при выдохе. Таким образом, получается замкнутый круг общей бронхиальной системы.

Кроме названных, есть еще воздухоносные мешки, которые располагаются около хвоста, — *задние туловищные*, или *задние промежуточные*. У пеликанов, гагар, аистов и некоторых других птиц имеются подкожные воздушные полости в виде растянутого воздухоносного мешка. Пневматические кости птиц заполняются воздухом или отростками воздухоносных мешков. К таким костям относятся шейные, спинные и хвостовые позвонки, плечевая, грудная, крестцовые кости, а также позвоночные концы ребер. Наличие пневматичных костей не зависит от того, летает или не летает птица. Есть сведения о том, что птица при закрытой трахее может дышать через кость, если она сломана и выступает наружу. Следует отметить, что не все пневматичные кости связаны с газообменом.

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Механизм дыхания состоит из актов вдоха и выдоха.

Акт вдоха (инспирация). Под влиянием нервного возбуждения, идущего от дыхательного центра к дыхательным мышцам, треугольная поперечная мышца грудной кости и мышцы — подниматели ребер сокращаются. В результате сокращения этих мышц грудная, коракоидная и ключичная кости, а также концы ребер выдвигаются вперед и вниз, а позвоночные концы ребер отходят вперед, отчего грудная клетка расширяется по вертикали и несколько суживается в поперечнике; при этом легкие частично расширяются и в них создается разрежение — отрицательное давление. Грудная кость, отодвигаясь кранио-вентрально, увлекает за собой брюшные органы и тем самым расширяет вдыхательные воздухоносные мешки (брюшные и задние грудные). Создается отрицательное давление и в воздухоносных мешках. Вследствие разности давления атмосферный воздух устремляется через ноздри в носовую полость, а из нее через хоаны — в щель верхней гортани, затем в трахею, главные бронхи, во вторичные бронхи, парабронхи, воронки и дыхательные мешки (брюшные и задние грудные).

Акт выдоха (экспирация). Вслед за актом вдоха наступает акт выдоха. Группа выдыхательных мышц опускает ребра, и грудная кость несколько приближается к позвоночнику. Грудная полость сжимается, объем грудной клетки уменьшается. Под воздействием грудных и брюшных мышц сжимаются брюшные и задние грудные воздухоносные мешки и воздух из них выходит через выводящие отверстия в нижнюю (вентральную) систему бронхов, а из них в главные бронхи, трахею, ротовую и носовую полости и наружу. При прохождении выдыхаемого воздуха через вентральную систему бронхов из него еще раз усваивается кислород. Таким образом, за один акт вдоха-выдоха происходят двукратное извлечение кислорода из проходящего воздуха и отдача углекислоты. Это обеспечивает интенсивный газообмен у птиц при сравнительно малых массе и объеме легких.

Легочная диафрагма поддерживает поверхность легкого в натянутом состоянии при помощи тонких мышечных волокон, расположенных вокруг диафрагмы. При вдохе, в момент расширения легкого, диафрагма оттягивается к костям. Однако акт дыхания может осуществляться и без нее. Грудобрюшная диафрагма частично сжимает внутренности брюшной полости, но тоже существенно не влияет на акт дыхания. Диафрагма у птиц недоразвита и не играет большой роли в процессе дыхания.

Частота дыхания колеблется в значительных пределах, в зависимости от вида птицы, возраста, продуктивности, физиологического состояния, а также от условий кормления, содержания, температуры, влажности и качественного состава воздуха. При оптимальных условиях содержания частота дыхания относительно постоянна для каждого вида и возраста птиц (табл. 10).

Табл. 10. Количество дыхательных движений в минуту

Вид птицы	Взрослая птица	Молодняк	
		4—20 дней	старшего возраста
Куры	25—45	30—40	25—27
Утки	20—40	25—45	20—42
Гуси	20—40	25—45	20—40
Индюки	15—20	20—30	15—26

Чем крупнее птица, тем меньше у нее число дыханий в минуту. Канарейка делает 90—120, гусь — 20—40, индейка — 15—20, а пеликан — 4 дыхательных движения в минуту. Сон замедляет ритм дыхания на 30—40%.

Учащенное дыхание (одышка) может быть вызвано повышенной концентрацией углекислоты в крови. Очень частое дыхание можно наблюдать у кур в жаркое время года, когда они дышат с раскрытым клювом. Так, повышение температуры воздуха до 37°C увеличивает число дыханий у кур до 150 в минуту.

Жизненная емкость легких и воздухоносных мешков. У птицы, находящейся в обычном спокойном состоянии, дыхание равномерное, при этом вдыхается и выдыхается относительно постоянное количество воздуха. Количество воздуха, вдыхаемого или выдыхаемого птицей за один акт вдоха или выдоха в покое, называется **дыхательным воздухом**. При более глубоком вдохе птица может сверх этого количества вдохнуть еще небольшую часть воздуха — это **дополнительный воздух**.

После спокойного выдоха птица может выдохнуть еще часть воздуха. Этот воздух называется **резервным**. Истинные объемы дополнительного и резервного воздуха у птиц экспериментально не определены. Но нет сомнения в том, что они имеются. Сумма количеств дыхательного, дополнительного и резервного воздуха называется **жизненной емкостью легких и воздухоносных мешков**.

Воздух, оставшийся в легких и воздухоносных мешках после максимального выдоха, называется **остаточным**. Остаточный воздух можно наблюдать в легких и воздухоносных мешках у убитой птицы. Емкость легких составляет (см³): у кур — 13, у уток — 20; емкость воздухоносных мешков: шейных — соответственно 24 и 36, ключичных — 20 и 53, передних грудных — 13 и 24, задних грудных — 25 и 57, брюшных — 74 и 145. Емкость этих органов, вместе взятых, у кур равна 169, у уток — 315 см³.

Вентиляция легких и воздухоносных мешков определяется умножением количества дыхательных движений в минуту на объем однократно вдыхаемого воздуха. Размер легочной вентиляции может резко изменяться в зависимости от частоты дыхания, физиологического состояния птицы, температуры и влажности окружающего воздуха, условий кормления и содержания. С повышением температуры воздуха легочная вентиляция увеличивается, но глубина дыхания (объем воздуха за один вдох) уменьшается; наблюдается неглубокое поверхностное дыхание. В таких случаях через воздухоносные мешки проходит повышенное количество воздуха, который служит главным образом для удаления излишка тепла, образуемого в организме.

Роль воздухоносных мешков. Объем выдыхаемого воздуха у уток составляет 12—15%, а у голубя — приблизительно 10% объема всех воздухоносных мешков. Объем вдыхаемого воздуха уменьшается приблизительно на 18% в том случае, если выключить брюшные мешки, и на 29% при разрушении только грудных. Следовательно, грудные мешки принимают в себя больше воздуха, чем брюшные, хотя последние занимают объем в полости тела в 2 раза больше, чем первые. При разрушении ключичного мешка объем вдыхаемого воздуха изменяется незначительно. Когда разрушали или перекрывали все мешки, объем вдыхаемого воздуха и вентиляция уменьшались наполовину.

Воздухоносные мешки являются большими емкостями воздуха. У водоплавающей птицы за счет запасов воздухоносных мешков регулируется процесс газообмена во время пребывания под водой. Заполненные воздухом воздухоносные мешки увеличивают объем тела,

облегчают пребывание и передвижение водоплавающей птицы на воде. Поступление холодного воздуха в полости мешков способствует лучшему охлаждению организма и предотвращает его перегревание. Воздухоносные мешки служат как бы воздушной опорой для многих органов. Воздух в мешках давит на кишечник, улучшая прохождение кишечного содержимого и выделение помета. Мешки помогают птице сохранять равновесие в полете и до минимума снижать дыхательные движения.

Газообмен. Вдыхаемый атмосферный воздух имеет следующий состав по объему (%): кислород — 20,94, углекислый газ — 0,03, азот и другие инертные газы (аргон, неон, гелий и т. д.) — 79,03. Состав выдыхаемого воздуха по объему (%): кислород — 17,0—16,5, углекислый газ — 3,94—4,34, азот и другие инертные газы — 79,7. Состав воздуха в парабронхах и воронках по объему (%): кислород — 15, углекислый газ — 5,2, азот и другие инертные газы — 79,8.

Азот и инертные газы не участвуют в газообмене, и их содержание в крови зависит от растворимости в жидкостях. Однако содержание азота в выдыхаемом воздухе и в воздухе парабронхов несколько выше, чем в атмосферном. Это объясняется тем, что объем вдыхаемого воздуха больше, чем выдыхаемого, так как кислорода потребляется больше, чем выделяется углекислого газа; соответственно возрастает процентное содержание азота в смеси.

Состав воздуха парабронхов значительно отличается от атмосферного: в нем меньше кислорода и больше углекислого газа. В парабронхах и воронках, отходящих от них, происходит обмен газов: кровь поглощает кислород и отдает углекислоту. Отличается воздух парабронхов и от выдыхаемого воздуха. При выдохе к воздуху парабронхов примешивается воздух из так называемого мертвого пространства — воздухоносных путей и как бы разбавляет его, поэтому в выдыхаемом воздухе несколько меньше углекислого газа и больше кислорода в сравнении с воздухом парабронхов.

Уровень газообмена, т. е. количество потребляемого кислорода и выделяемого углекислого газа, зависит от вида, возраста, продуктивности и физиологического состояния птицы, а также от уровня питания, технологии содержания, температуры, влажности, бактериальной и механической загрязненности воздуха. На рисунке 71 представлены кривые потребления кислорода, выделения углекислого газа и тепла (кДж) на 1 кг массы птицы в час. Эти кривые свидетельствуют о том, что наиболее высокий уровень газообмена и теплообмена наблюдается в первые 10—20 дней жизни цыплят, а в дальнейшем (от 20 до 150 дней) потребление кислорода и выделение углекислого газа снижаются (в пересчете на 1 кг живой массы птицы) и устанавливаются на уровне показателей, которые наблюдаются у взрослой птицы. С подготовкой и началом яйцекладки уровень газообмена несколько повышается и зависит от интенсивности яйцекладки.

Цыплята в возрасте от 1 до 20 дней потребляют кислорода от 2 до 2,5 л и выделяют углекислого газа за час на 1 кг массы птицы 1,4—1,6 л; в возрасте 21—150 дней — соответственно 1,0—1,8 и 0,7—1,2 л на

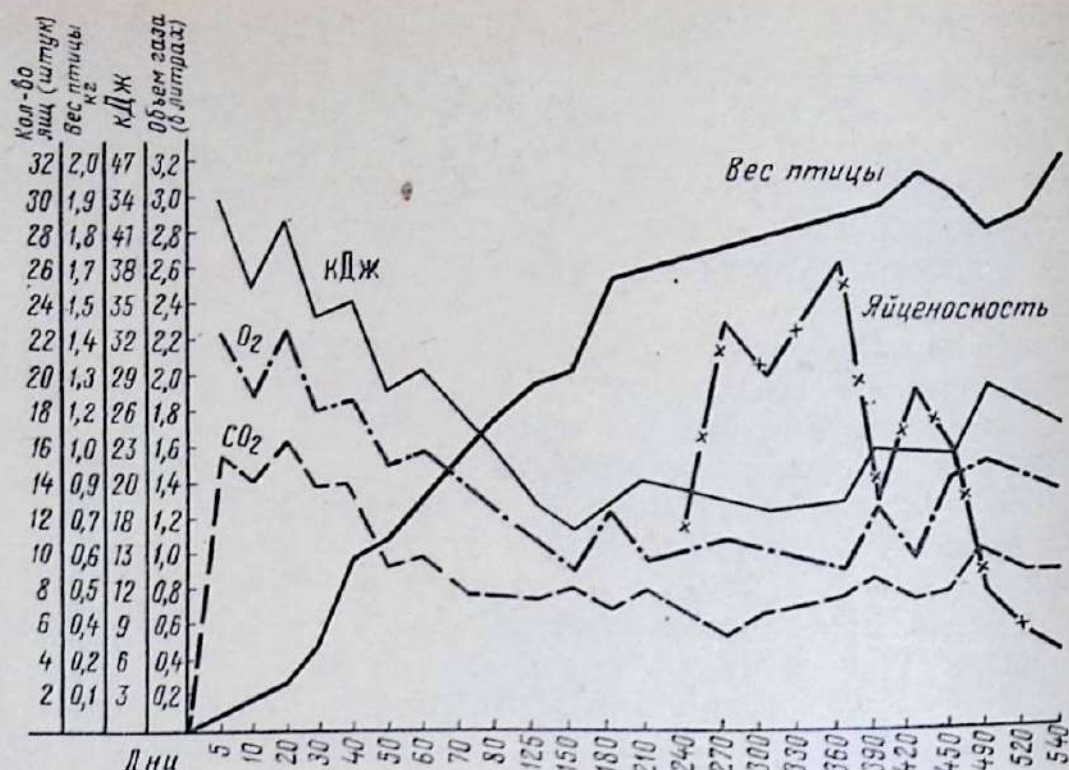


Рис. 71. Газообмен и теплопродукция у кур в расчете на 1 кг массы птицы за час при оптимальной температуре воздуха, соответствующей каждому возрасту (В. М. Селянский, 1963).

1 кг/ч. Взрослое поголовье яйценоских кур потребляет кислорода в пределах 0,8—1,6 л, а выделяет углекислоты 0,6—1 л на 1 кг/ч. В период сна птицы общий обмен снижается на 50%, во время активного движения (взлет, бег, ходьба) общий обмен повышается, вследствие чего уровень газообмена увеличивается на 60—100%.

Парциальное давление и растворимость газов. Парциальное давление — это та часть общего давления, которая приходится на долю каждого газа, находящегося в составе воздуха. По закону Дальтона каждый газ в смеси давит так, как если бы он был один. Общее давление всех газов, находящихся в атмосферном воздухе, равно 760 мм ртутного столба. Отсюда парциальное давление кислорода составляет 20,94% от общего давления воздуха, т. е. равно 159 мм ртутного столба; давление азота — соответственно 600,8 мм ртутного столба.

Газ растворяется в жидкости или выходит из нее в окружающую среду в зависимости от величины его парциального давления в воздухе; он переходит из среды с большим давлением в среду с меньшим давлением. Этот переход продолжается до тех пор, пока не установится равновесие. Растворение газа в жидкости зависит также от ее температуры. Количество газа, которое может раствориться в 1 мл воды при давлении 760 мм ртутного столба при данной температуре, называется коэффициентом растворимости. Различные газы в одной и той же среде имеют неодинаковый коэффициент растворимости. Так, в крови у углекислого газа он равен 0,511, у азота — 0,011, у

кислорода — 0,022. Один и тот же газ в различной среде имеет разный коэффициент растворимости.

Связывание и перенос кислорода кровью. Кислород и углекислый газ находятся в крови в растворенном состоянии. Согласно закону растворимости, в 100 мл крови может раствориться только 0,3 мл кислорода; в действительности же в зависимости от вида птицы из крови можно выделить 12—20 мл кислорода. Следовательно, большая часть кислорода находится в эритроцитах, т. е. в химически связанном виде, и лишь 0,3 мл — в растворе. Растворенный кислород содержится только в плазме. В эритроцитах кислород соединяется с гемоглобином, образуя оксигемоглобин. 1 г гемоглобина, полностью переходя в оксигемоглобин, присоединяет 1,41 см³ кислорода. В зависимости от породы и возраста птицы в 100 мл крови может быть 9—14 г гемоглобина. Максимальное количество кислорода, которое могут связать 100 мл крови при полном переходе гемоглобина в оксигемоглобин, называется кислородной емкостью крови. У кур она находится в пределах 12—21 см³, у гусей — 21—22, у уток — 16—17 см³. Насыщение гемоглобина зависит от парциального давления кислорода в парабронхах, но эта зависимость не является прямой. Гемоглобин обладает такой биологической особенностью, что может присоединять кислород и при небольшом его парциальном давлении. Например, гемоглобин активно присоединяет кислород даже при парциальном давлении в пределах 10 мм ртутного столба, и 55% гемоглобина превращается в оксигемоглобин. При парциальном давлении 100 мм (что отмечается в артериальной крови) почти весь гемоглобин крови превращается в оксигемоглобин. Насыщенная кислородом кровь становится артериальной.

Насыщение гемоглобина кислородом зависит от содержания в воздухе и крови аммиака, сероводорода, окиси и двуокиси углерода, которые резко снижают окислительные свойства гемоглобина.

Для характеристики обеспеченности организма кислородом важно знать не только количество гемоглобина и кислородную емкость крови, но и фактическое насыщение крови кислородом при данных конкретных условиях содержания и кормления. В норме насыщение крови по отношению к ее кислородной емкости составляет у кур при интенсивной яйценоскости 95—97%.

В мышцах всех видов птиц имеется относительно много миоглобина. В отличие от гемоглобина крови он может отдавать до 70% кислорода при напряжении кислорода в крови, равном 10 мм ртутного столба, т. е. тогда, когда гемоглобин крови уже отдать кислород больше не может. Кислород, который поступает с кровью к мышцам сердца, используется для окислительных процессов при расслаблении их. В момент сжатия, когда кровоснабжение сердечной мышцы ухудшается, окислительные процессы в ней происходят главным образом за счет кислорода миоглобина.

У ныряющих животных, например у тюленя, в мышцах содержится очень много миоглобина; 47% всего кислорода в организме связано с миоглобином, поэтому мышцы их кажутся сине-черными. Это же от-

носится к водоплавающим птицам, которые могут длительное время находиться под водой.

Связывание и перенос углекислого газа кровью. В клетках тканей происходит непрерывный процесс окисления белков, жиров и углеводов. При этом освобождаются энергия, вода и углекислый газ. Углекислый газ, образующийся в клетках, в силу разности парциального давления проникает через стенки клеток и тканевых капилляров и поступает в кровь. Из общего количества углекислого газа, поступающего из клеток в плазму крови, в среднем около 2% физически растворяется в плазме и находится в виде свободной угольной кислоты, 18% связывается непосредственно с гемоглобином в виде карбаминовой формы (HbCO_2), основная часть (около 80%) транспортируется к легким в виде бикарбонатов калия (KHCO_3) и натрия (NaHCO_3).

Углекислый газ доставляется венозной кровью в легкие. В капиллярах легких бикарбонаты калия и натрия распадаются и освобождают углекислоту в газообразном состоянии.

Переход углекислоты из крови в воздух парабронхов и воронок легких происходит в силу различного парциального давления газов. В плазме венозной крови напряжение углекислоты составляет 48 мм ртутного столба, а в воздухе парабронхов и воронок — 40 мм ртутного столба. Углекислота из плазмы венозной крови свободно диффундирует через стенки кровеносных капилляров в просвет воронок, парабронхов, а оттуда во вторичные бронхи и через выдыхательные мешки и трахею выводится с выдыхаемым воздухом наружу, при этом напряжение углекислоты в плазме крови быстро падает. Как только напряжение углекислого газа в плазме падает, угольная кислота, находящаяся в эритроцитах, в присутствии фермента угольной ангидразы (карбангидразы) мгновенно распадается на углекислый газ и воду ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) и углекислый газ переходит в плазму.

Тканевое дыхание — обмен газов в тканях. Обмен газов в клетках тканей и капиллярах большого круга кровообращения, так же как и в легочных капиллярах, происходит вследствие диффузии газов в направлении от большего парциального давления к меньшему. В результате непрерывного обмена веществ в клетках образуются и накапливаются конечные продукты распада веществ, в том числе углекислый газ. По мере накопления углекислого газа в клетке его напряжение может достигать 60 мм, в тканевой жидкости — максимум до 46 мм; в притекающей к тканям артериальной крови парциальное напряжение углекислого газа 40 мм ртутного столба. Диффундируя в сторону низкого напряжения, углекислый газ переходит из клеток в тканевую жидкость и далее в кровь.

Кислород в клетках интенсивно потребляется, поэтому его напряжение в плазме клетки очень низкое, а при интенсивном обмене веществ может быть равно нулю; в тканевой жидкости напряжение кислорода в пределах 20—40 мм, а в артериальной крови, приносимой к капиллярам, оно достигает 100 мм ртутного столба. В силу разности парциального давления кислород непрерывно поступает из артериальной крови капилляров в тканевую жидкость и непосредственно в клетки.

Артериальная кровь большого круга кровообращения отдает тканям не весь кислород. Количество кислорода, используемого тканями, выраженное в процентах к общему количеству кислорода, содержащегося в артериальной крови, называется коэффициентом утилизации кислорода.

Этот коэффициент может в значительной степени изменяться от внешних условий, уровня питания и физиологического состояния организма. При активном движении птицы увеличивается мышечная работа и повышается коэффициент утилизации кислорода. Включение в кровоток ранее не функционировавших капилляров способствует быстрому переходу кислорода из крови в ткани. Утилизация кислорода повышается с увеличением содержания угольной и молочной кислоты в тканях потому, что данные кислоты понижают сродство гемоглобина к кислороду и он быстрее диффундирует из крови в ткани.

Усиление ферментативных, энергетических процессов в клетках и повышение температуры в мышцах повышают утилизацию кислорода: это свидетельствует о том, что доставка кислорода к тканям регулируется в соответствии с интенсивностью окислительных процессов.

Регуляция дыхания осуществляется дыхательным центром. Дыхательный центр — совокупность нервных клеток, расположенных в разных отделах центральной нервной системы, обеспечивающих координированную ритмическую деятельность дыхательных мышц и приспособление дыхания к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды организма.

Русский физиолог Н. А. Миславский установил, что главная группа нервных клеток, необходимых для ритмической деятельности дыхательных мышц, расположена в ретикулярной формации продолговатого мозга, в области дна четвертого мозгового желудочка. Эта группа клеток представляет собой дыхательный центр в узком смысле слова. Он парный, и каждая его половина иннервирует дыхательные мышцы соответствующей половины. Дыхательный центр состоит из центра вдоха и центра выдоха. Он посылает импульсы к мотонейронам (нейроны движения), расположенным в передних рогах серого вещества спинного мозга, иннервирующим дыхательную мускулатуру.

Нейроны, иннервирующие мышцы вдоха и выдоха, между собой не строго отграничены в дыхательном центре, но имеется участок дыхательного центра, где преобладают инспираторные (вдох), а в другом — экспираторные (выдох) нейроны.

Для обеспечения нормального дыхания необходима деятельность всех нейронов, образующих дыхательный центр. Однако важная роль в регуляции дыхания принадлежит и коре больших полушарий головного мозга, благодаря которой осуществляется приспособление ритма и глубины дыхания к факторам внешней среды и уровню обменных процессов.

Дыхательный центр возбуждается, и его деятельность изменяется в зависимости от напряжения углекислого газа и кислорода в крови. Повышение напряжения углекислоты в крови возбуждает дыхательный

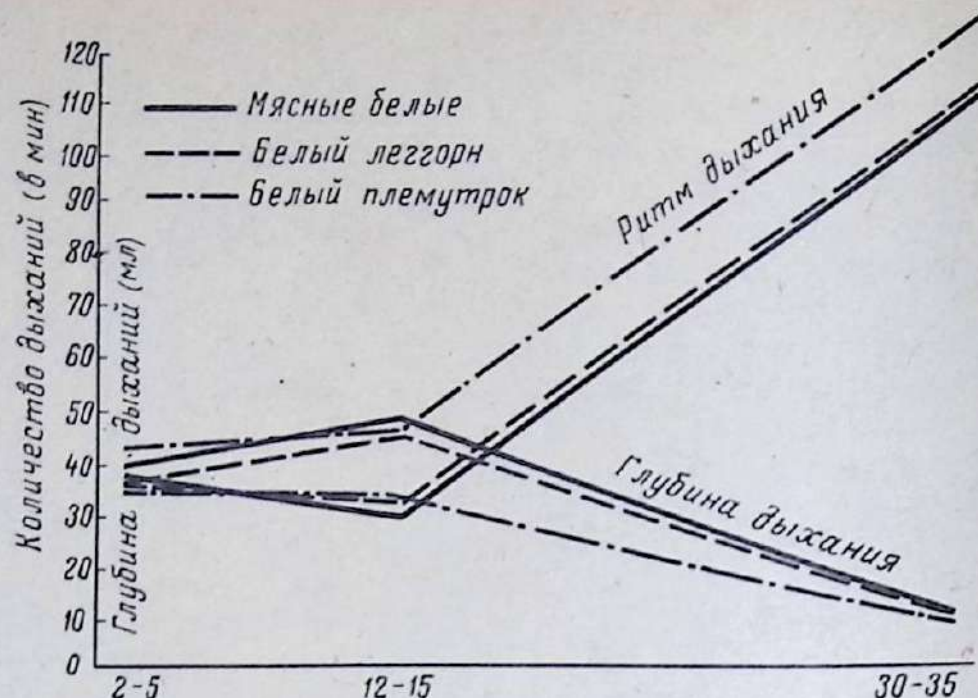


Рис. 72. Изменение показателей частоты и глубины дыхания у кур различных пород в зависимости от температуры воздуха в птичнике (В. М. Селянский, 1970).

центр, что приводит к усилению вентиляции легких; понижение его напряжения угнетает деятельность дыхательного центра. Это можно наблюдать на птице при содержании ее в птичниках в условиях высокой температуры воздуха или в естественных условиях в особо жаркие часы летних дней. При температуре воздуха свыше 35° ритм дыхания у птицы (кур) повышается до 150 дыханий в минуту — наступает гипервентиляция (рис. 72). Вследствие этого парциальное давление углекислого газа в воздухе парабронхов и воронок легких, а также в крови снижается, в результате наступает временная остановка дыхания. Дыхание снова начинается, как только напряжение CO_2 в крови повысится до нормы, достаточной для возбуждения дыхательного центра.

Дыхательный центр может возбуждаться не только от углекислоты, а и от других кислот, например от молочной. Но он обладает более высокой чувствительностью к действию угольной кислоты и ионов HCO_3^+ . Это подтверждается тем, что при введении в кровь бикарбоната, который имеет щелочную реакцию и диссоциирует в крови и тканях на ион Na^+ и ион HCO_3^+ , возникает усиление дыхания.

Дыхательный центр возбуждается и при понижении напряжения кислорода в крови. Недостаток кислорода вызывает через хеморецепторы сосудистых рефлексогенных зон дыхательного центра рефлекторное усиление дыхательных движений. Снижение кислорода в воздухе от 20,9 до 18% вызывает одышку у уток. Характер изменения дыхания при избытке углекислоты и недостатке кислорода в крови птиц различен. Птица более чувствительна к недостатку кислорода, чем избытку углекислоты. При небольшом понижении напряжения кислорода в

крови рефлекторно учащается ритм дыхания, а при небольшом повышении напряжения углекислоты в крови рефлекторно углубляются дыхательные движения.

Рефлекторная саморегуляция дыхания. Рефлекс с внутренней поверхности легких — это главный механизм, который обеспечивает четкий ритм дыхания. При вдохе у птицы легкие хотя и незначительно, но расширяются и стенки их растягиваются. В результате этого в чувствительных нервных окончаниях возникает нервное возбуждение, которое по центrostремительным волокнам передается в дыхательный центр и тормозит его деятельность, поток импульсов от дыхательного центра к мышцам временно прекращается, мышцы расслабляются и грудная клетка сжимается — происходит выдох. При выдохе легкие спадаются, окончания центrostремительных нервов перестают возбуждаться и тормозящее влияние на дыхательный центр прекращается. Однако в это время происходит возбуждение инспираторных нейронов (вдоха), которое передается на мотонейроны инспираторных мышц, вызывая сокращение их и очередной акт вдоха. Первый акт вдоха у птенца происходит в результате накопления углекислоты в крови в количестве, достаточном для возбуждения дыхательного центра.

Дыхание в полете изучено недостаточно. Надо полагать, что дыхание у птиц в полете происходит иначе, чем в спокойном состоянии. Грудная кость является опорой для летательных мышц, и в полете она должна быть неподвижной или ограниченно подвижной. Поэтому частые ее движения невозможны. По мнению одних исследователей, птица при полете дышит редко; в момент вдоха забирает в воздухоносные мешки максимально возможное количество воздуха и на некоторое время покрывает потребность организма в кислороде. Более вероятным является предположение, что в полете птица как бы врывается в воздух, и он сильной струей устремляется в ноздри, носовую полость, воздухоносные мешки и продувает легкие.

Птица в полете свободно переносит разреженный воздух на высоте 3—4 тыс. м, а находясь в покое, при таком же давлении воздуха задыхается. В состоянии покоя птица может перенести понижение давления атмосферного воздуха только до 120 мм, а в полете — до 40 мм ртутного столба.

Лабораторно-практические занятия

- Цель занятия.** 1. Записать количество дыхательных движений у курицы.
2. Ознакомиться с топографией и морфологией органов дыхания.

Материалы и инструменты: птица, таблицы, схемы, муляжи, ножницы, пинцеты, кювет, толстостенная стеклянная или пластмассовая трубка, капсула (круглая коробочка с резиновой стенкой), марля, кимограф.

Задание 1. Пронаблюдать и зарегистрировать дыхание

Живую птицу помещают в небольшую камеру с прозрачной стенкой, в которую вставляют трубку. Птица не взлетает, дают ей успокоиться. Наблюдая за выдохом. Подсчитывают количество дыханий в минуту. Можно подсчитать количество дыханий за 15 с и полученное число умножить на 4.

Дыхательные движения записывают на бумаге. Для этого изготовляют жетку, одевают ее вокруг груди птицы и через тонкую резиновую трубку мареевской капсулой и писчиком. По кривой, оставленной писчи-

тели,
вая

графа, можно судить о ритме дыхания. Запись акта вдоха-выдоха на бумаге называется пневмографией, а сама кривая называется пневмограммой.

Задание 2. Изучить топографию и морфологию органов дыхания живой и убитой птицы.

На живой птице рассматривают расположение носовых отверстий и перепонки, прикрывающих их. Открывают клюв и находят нёбную щель (хоаны). Прощупывают хрящевые кольца трахеи, определяют ее расположение и место вхождения в грудную полость. После этого птицу убивают и тушку кладут на спину в кювет. Вдоль трахеи вскрывают послойно ткани и осторожно ручкой скальпеля или сомкнутыми тупыми ножницами освобождают трахею от мышц. Костными ножницами удаляют ключицу и другие кости плечевого пояса. Перерезают с обеих сторон ребра и ткани по границе грудной кости, продвигаясь каудально. Снимают отрезанную грудную и брюшную части костей и тканей, обнажают внутренние органы. Заметно, как трахея, войдя в грудную полость, уходит вглубь (к легким), последние не видны, так как прикрыты внутренними органами (сердце, печень).

Перерезают трахею и вставляют в нее пластмассовую или другую трубочку, равную диаметру трахеи или чуть меньше. На конце трубочки фиксируют трахею ниткой так, чтобы она не спадала при напряжении. К вставленной трубочке подсоединяют большую резиновую спринцовку и нагнетают ею воздух в органы дыхания. Видно, как поднимаются кишечник и другие внутренние органы при увеличении объема воздухоносных мешков. Осторожно удаляют сердце, печень, селезенку, органы пищеварения; закрытые органы дыхания становятся видимыми. Легкие расположены между ребрами, на границе с брюшной полостью заметны грудные воздухоносные мешки в виде натянутой тонкой пленки молочного цвета. Надувая мешки через трахею, можно проследить изменение объема их, если они не порваны в момент удаления внутренностей.

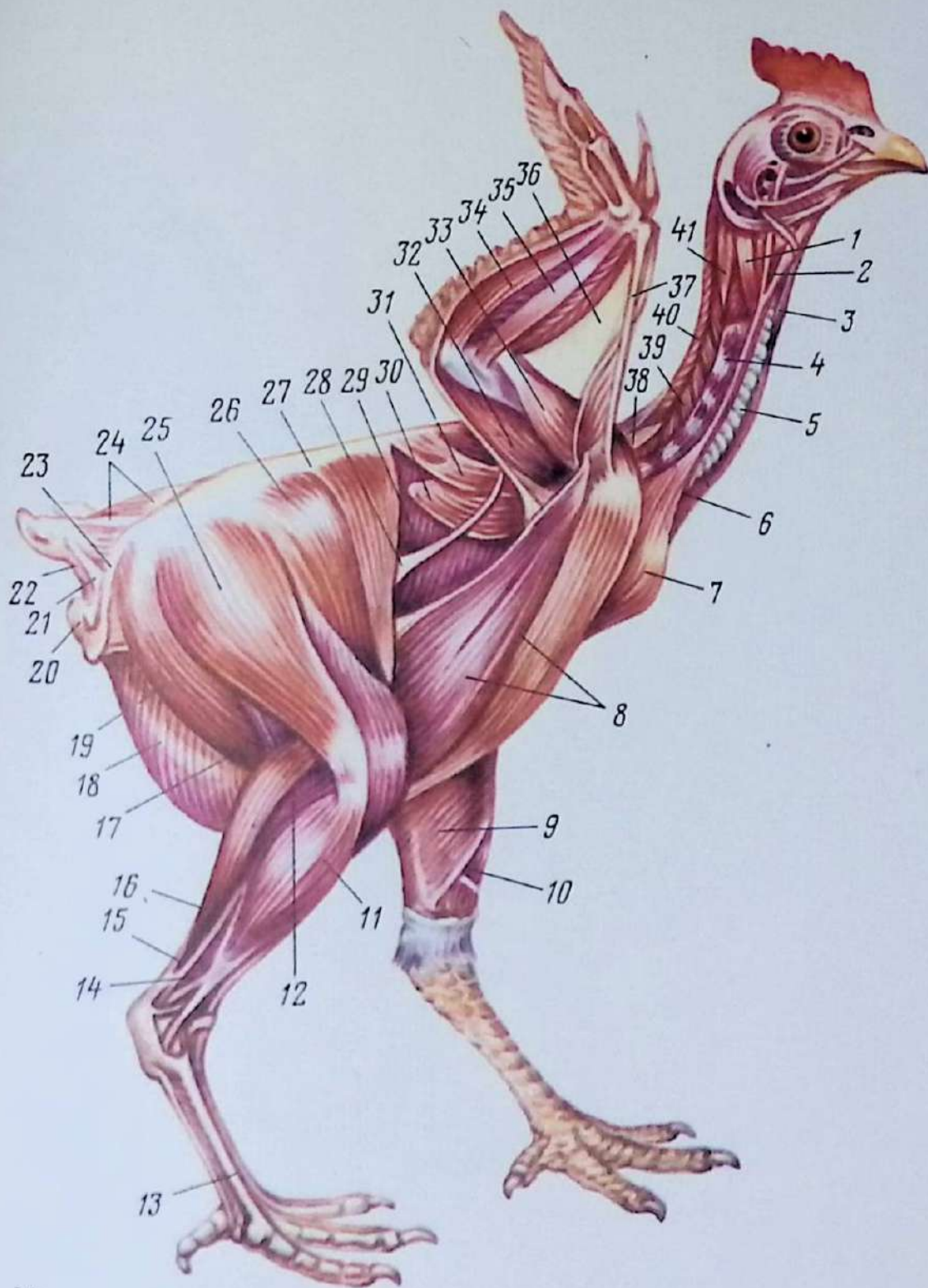


Рис. 1. Мышцы курицы:

1 — мышца трахеи; 2 — большая нижняя прямая мышца головы; 3 — грудино-подъязычная мышца; 4 — межкостные мышцы; 5 — трахея; 6 — длинная мышца шеи; 7 — зоб; 8 — большая грудная мышца; 9 — внутренняя часть икроножной мышцы; 10 — поверхностная малоберцовая мышца; 11 — малоберцовый длинный мускул; 12 — сгибатель третьего пальца; 13 — отводящая мышца четвертого пальца; 14 — глубокий сгибатель пальцев; 15 — длинный сгибатель большого пальца; 16 — латеральная часть икроножной мышцы; 17 — подвздошно-малоберцовая мышца; 18 — наружная косая брюшная мышца; 19 — полусухозильная мышца; 20 — сфинктер клоаки; 21 — лонно-хвостовая мышца; 22 — седалищно-хвостовая мышца; 23 — подниматель клоаки; 24 — подниматель копчика; 25 — задняя подвздошно-берцовая мышца (или двуглавая мышца бедра); 26 — средняя подвздошно-большеберцовая мышца (напрягатель широкой фасции бедра); 27 — портняжная мышца вместе с передней подвздошно-большеберцовой мышцей; 28 — мускул крыловой складки; 29 — поверхностная зубчатая мышца; 30 — ромбовидная (предлопаточная) мышца; 31 — широчайший мускул; 32 — плечелоктевая мышца; 33 — двуглавая мышца плеча; 34 — разгибатель лучевой кости; 35 — поверхностный пронатор; 36, 37 — плечатая и эластичная части летательной перепонки; 38 — шейная и грудная остистая мышцы; 39 — сложная мышца; 40 — двубрюшная мышца шеи; 41 — боковая и прямая мышцы головы.

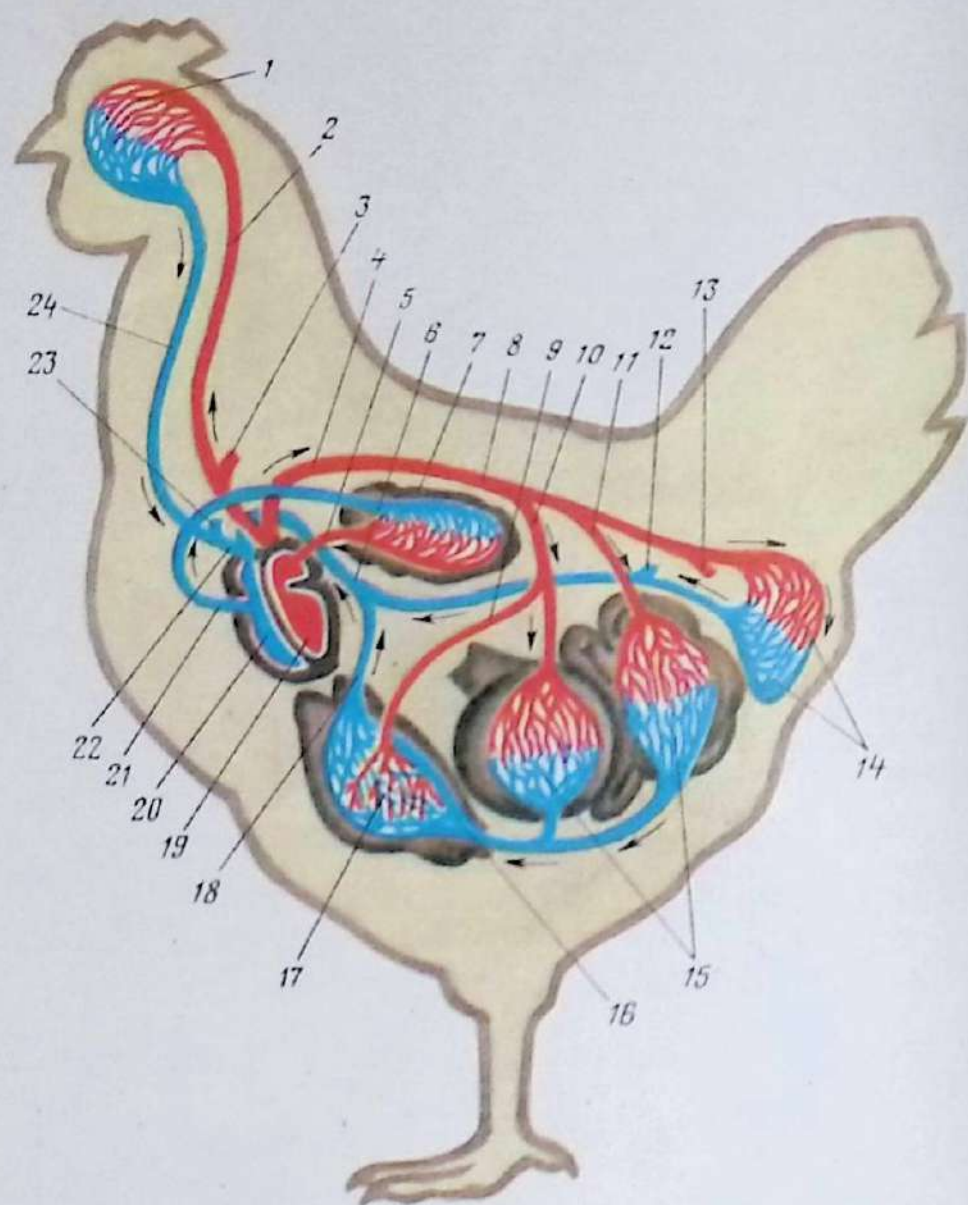


Рис. II. Кровеносная система птицы:

1 — капилляры головы; 2 — сонная артерия; 3 — подключичная артерия (отрезана); 4 — аорта (грудная ее часть); 5 — легочная артерия; 6 — задняя полая вена; 7 — легкие; 8 — аорта (брюшная ее часть); 9 — чревная артерия; 10 — передняя брыжеечная и 11 — задняя каудальная брыжеечная артерии; 12 — место впадения бедренной вены; 13 — место отхождения бедренной артерии; 14 — капиллярная сеть; 15 — вены кишечника, желудка, поджелудочной железы, селезенки и других органов и тканей брюшной полости; 16 — воротная вена печени; 17 — капиллярная сеть в печени; 18 — печеночная вена; 19 — левый и 20 — правый желудочки сердца; 21 — легочная артерия правого легкого; 22 — правая передняя полая вена; 23 — подключичная вена; 24 — яремная вена (В. М. Селянский).

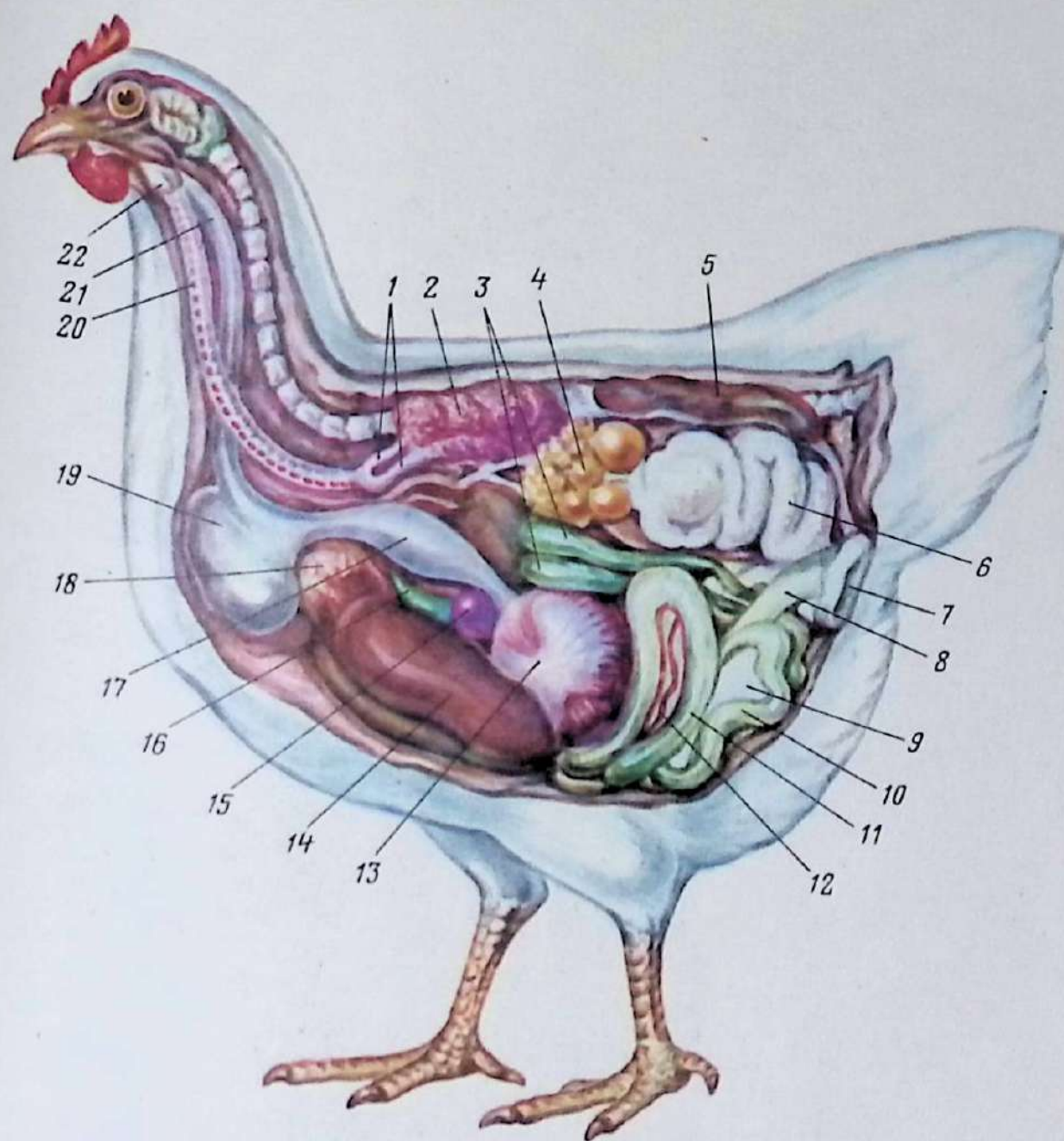


Рис. III. Внутренние органы курицы:

1 — главные бронхи; 2 — легкие; 3 — слепые отростки кишок; 4 — яичник; 5 — почки; 6 — яйцевод; 7 — клоака; 8 — прямая кишка; 9 — брыжейка; 10 — тощая кишка; 11 — двенадцатиперстная кишка; 12 — поджелудочная железа; 13 — мышечный отдел желудка; 14 — печень; 15 — селезенка; 16 — желчный пузырь; 17 — железистый отдел желудка; 18 — сердце; 19 — зоб; 20 — трахея; 21 — пищевод; 22 — верхняя дыхательная гортань.

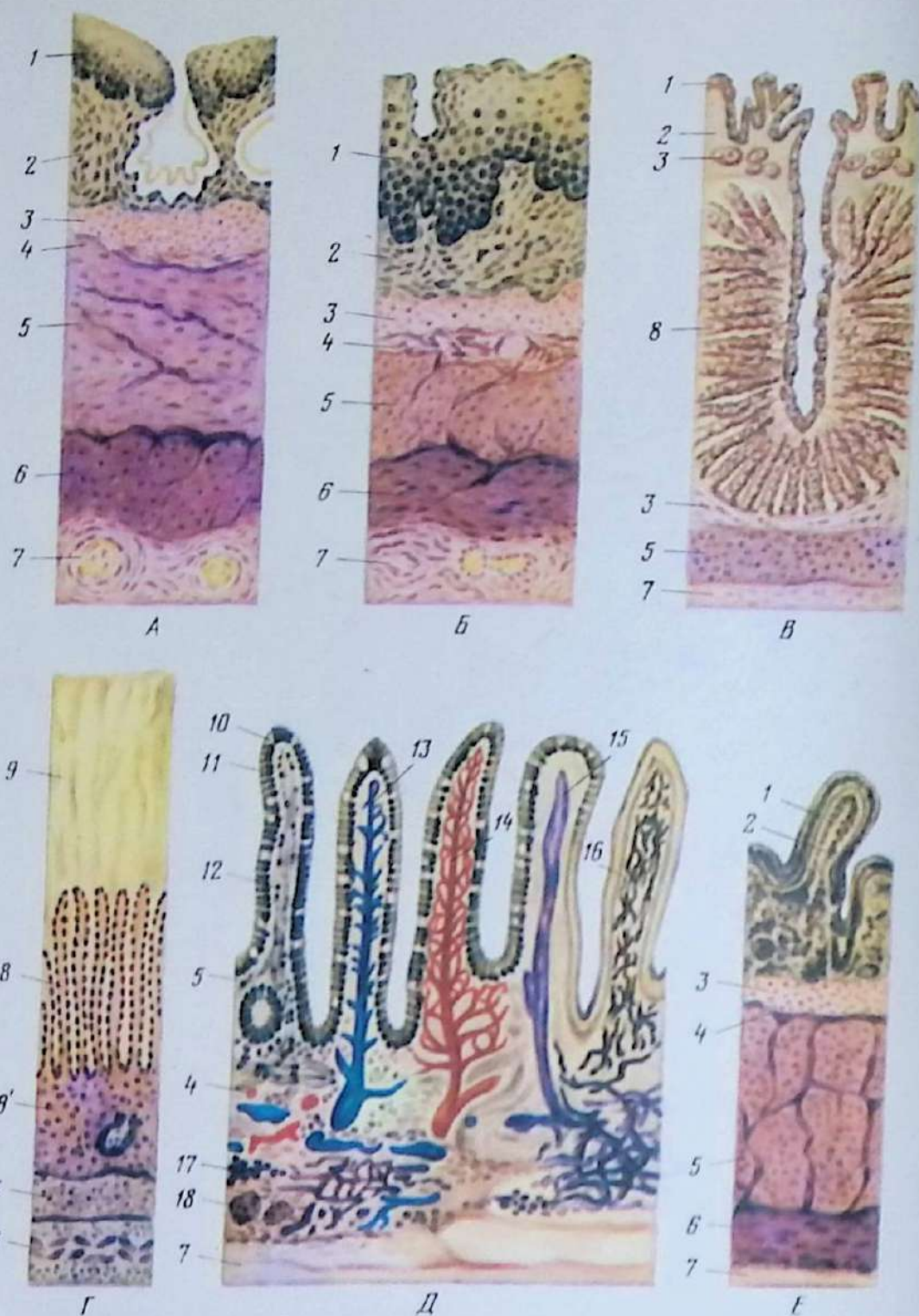


Рис. IV. Гистологическое строение пищеварительного тракта курицы:

А — пищевод; Б — зоб; В — железистый и Г — мышечный отделы желудка; Д — тонкий отдел кишечника (тощая кишка); Е — слепая кишка; 1 — покровный эпителий; 2 — собственный и 3 — мышечный слой слизистой оболочки; 4 — подслизистый слой; 5 — внутренний и 6 — наружный слой мышечной оболочки; 7 — серозная, или адвентициальная, оболочка; 8 — железистый и 8' — поджелудочный слой; 9 — кутикула; 10 — бокаловидные клетки с кутикулярной каймой; 11 — высокий цилиндрический эпителий; 12 — гладкие мышечные волокна; 13 — вены; 14 — капилляры; 15 — лимфатический сосуд; 16 — нервная система; 17 — сплетение вегетативных нервов; 18 — круговой слой гладких мышц.

Аппарат пищеварения

СТРОЕНИЕ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Органы пищеварения обеспечивают захват пищи (корма) и превращение питательных веществ из неусвояемого состояния в усвояемое путем механической, химической и физической обработки.

К аппарату пищеварения относятся: ротовая полость, глотка, верхний пищевод, зоб, нижний пищевод, железистый желудок, мышечный желудок, тонкий отдел кишечника, слепые отростки, прямая кишка и клоака. Сюда же необходимо отнести поджелудочную железу и печень, которые не являются собственно органами пищеварения, но выделяют секреты, необходимые для переваривания корма, и принимают активное участие в пищеварительных процессах (рис. III). Путь, по которому проходит пищевая масса от ротовой полости до клоаки, называется *пищеварительным трактом*. Образование органов пищеварения в виде головной складки начинается у куриных зародышей к 24-му часу инкубации, у гусиных и утиных к 30—60 часам.

Стенки вполне сформировавшегося пищеварительного тракта имеют три оболочки (слизистую, мышечную, серозную), рыхло соединенные между собой. Слизистая оболочка располагается внутри пищеварительного тракта и обращена своей поверхностью в просвет пищеварительного канала. В основе слизистой оболочки имеется сеть капилляров, через которые в кишечнике происходит всасывание питательных веществ. Мышечная оболочка состоит из кольцевидных и продольных мышц. Благодаря сокращениям мышц обеспечиваются передвижение и перемешивание корма с пищеварительными соками. Наружная поверхность кишечника, желудка и желез покрыта серозной оболочкой, в области глотки и пищевода она отсутствует, вместо нее имеется адвентиция — оболочка из рыхлой соединительной ткани.

Ротовая полость птиц образуется верхней и нижней частями клюва, предназначенными главным образом для захватывания, а не для разжевывания корма. Зубов, губ и щек у птиц нет.

Костная основа верхней части *клюва* (надклювье) образована межчелюстной, а нижней — нижнечелюстной костями. У уток и гусей края клюва имеют мелкие кожные поперечные пластинки с большим количеством в них нервных окончаний тройничного нерва, благодаря чему края клюва служат органом осязания. У водоплавающих птиц эту роль выполняет идущая от основания к верхушке клюва мягкая, богатая нервными окончаниями кожа, так называемая *в о с к о в а я к о ж а*. Костную основу надклювья составляют верхнечелюстная и резцовая кости. Кости, образующие клюв, окружены роговым чехлом. По длине и форме клюв у птиц бывает самым разнообразным. У кур и индеек он короткий, заостренный, несколько изогнутый; у водоплавающих птиц

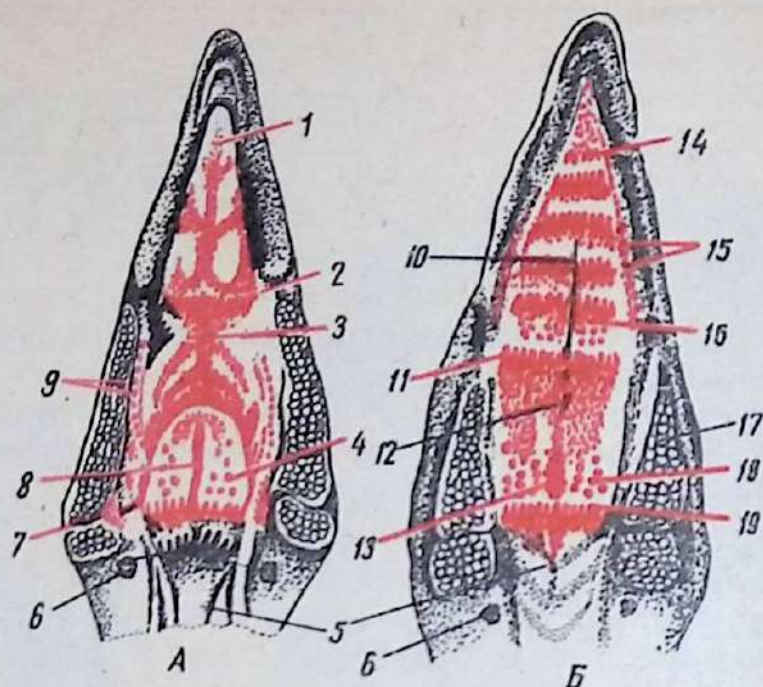


Рис. 73. Ротовая и глоточная полости кур:

А — органы дна ротовой и глоточной полостей; Б — крыша ротоглотки; 1 — верхушка языка; 2 — сосочки тела языка; 3 — основание языка; 4 — кольцевидно-терпаловидные железы; 5 — пищевод; 6 — разрез подъязычной кости; 7 — гортанные сосочки; 8 — вход в верхнюю гортань; 9 — подчелюстные железы; 10 — узкая часть небной щели; 11 — небные сосочки; 12 — хоаны; 13 — вход в слуховые трубы; 14 — отверстие челюстных желез; 15 — латеральные и 16 — медиальные небные железы; 17 — разрез мускулов; 18 — глоточные железы; 19 — глоточные сосочки.

он длинный, плоский. Клюв заменяет щеки и губы. В верхней части клюва различают: корень, спинку, режущие края; в нижней — дно, угол подбородка, края.

Ротовую полость делят на верхнюю и нижнюю части (рис. 73). В верхней части расположено узкое твердое небо, покрытое слизистой оболочкой. На твердом небе имеются различной длины конусообразные сосочки, направленные назад. Количество их и размещение различные. Сосочки способствуют продвижению корма в пищевод. Небно-челюстные мышцы суживают небную щель и тем самым преграждают путь жидкой пище в носовую полость. Твердое небо тянется до хоан. В середине между хоанами есть перегородка — сошник. Позади хоан имеется щель, ведущая в слуховые (евстахиевы) трубы.

В нижней части ротовой полости размещается язык. Он прикрепляется к задней части ротовой полости, к подъязычной кости, которая поддерживает его и соединяет с черепом. Форма языка зависит от формы клюва. У кур и индеек язык заостренный, у гусей и уток он широкий, удлинённый и более толстый. У водоплавающих птиц на боковой поверхности языка имеются два ряда выступов, окруженных сосочками и отверстиями мелких желез, которые вырабатывают слизь. Через выступы по краю языка и боковые роговые пластинки клюва водоплавающие птицы процеживают воду и задерживают из нее корм.

Движение языка осуществляется с помощью трех пар мышц подъязычной кости и собственных мышц языка, которые более развиты у водоплавающих. На кончике и спинке языка есть роговой слой с

большим количеством сосочков, обращенных кзади, а на корне языка — нитевидные сосочки, направленные к гортани; те и другие способствуют продвижению пищи в глотку.

В прослойке рыхлой соединительной ткани языка располагаются артериальные и венозные сосуды, самые мелкие из них подходят к сосочкам языка и слизистым железам. У кур в толще языка расположены свободные и инкапсулированные нервные окончания (тельца Пачини), у водоплавающих птиц — вкусовые почки, состоящие из чувствительных, опорных и периферических клеток; нервными окончаниями и почками птица осязает корм.

Глотка расположена между ротовой полостью и верхним пищеводом. В ее сторону открываются полости носа и рта, а вентрально — дыхательная щель гортани.

Железы ротовой и глоточной полостей хорошо развиты у зерноядных птиц (куры, индейки, цесарки), слабее — у водоплавающих (утки, гуси). Имеются следующие железы ротовой полости: подчелюстные слюнные железы расположены по сторонам корня языка; подъязычные находятся под языком; ушные железы имеются по одной в углах клюва; верхнечелюстные парные железы расположены в передней части твердого неба. По сторонам наиболее широкой части хоан лежат небные железы (рис. 74).

Железы имеют форму розетки, выстланы высоким призматическим эпителием с четкой границей клеток. Выводные протоки расширены и заполняются секретом, который увлажняет корм и способствует продвижению его по пищеводу в зоб. Некоторые птицы (например, китайские стрижи) пользуются этим слизеподобным веществом для склеивания различного легкого материала при строительстве гнезд.

Пищевод разделяют на верхний и нижний отделы: верхний отдел начинается от глотки и кончается зобом, нижний идет от зоба до железистого отдела желудка. Пищевод имеет форму полой трубки, суживающейся в нижней части. Диаметр ее у взрослой птицы 7—12 мм. Стенки пищевода имеют три оболочки. Наружная оболочка в области шеи состоит из рыхлой соединительной ткани (адвентиции), а в грудной части — из серозной. С их помощью пищевод соединяется с окружающими органами. Средняя оболочка включает в себя два слоя гладких мышц: кольцевидных внутри и продольных снаружи. Между ними расположено межмышечное (ауэрбаховское) нервное сплетение. Мышцы сжимают пищевод и проталкивают корм. Внутренняя слизистая оболочка состоит из трех слоев: собственно слизистого, мышечного и подслизистого. Слизистая оболочка имеет складчатое строение. В момент проглатывания корма складки расправляются и растягиваются. В собственном слое слизистой оболочки заложены мешкообразные железы, более развитые у уток и гусей; их выводные протоки открываются на поверхности многослойного плоского эпителия. Секрет этих желез смачивает проходящий корм и облегчает его продвижение в зоб.

Зоб — это расширение пищевода при входе его в грудную полость, хорошо развит у кур, индеек, цесарок, голубей. У водоплавающих зоба

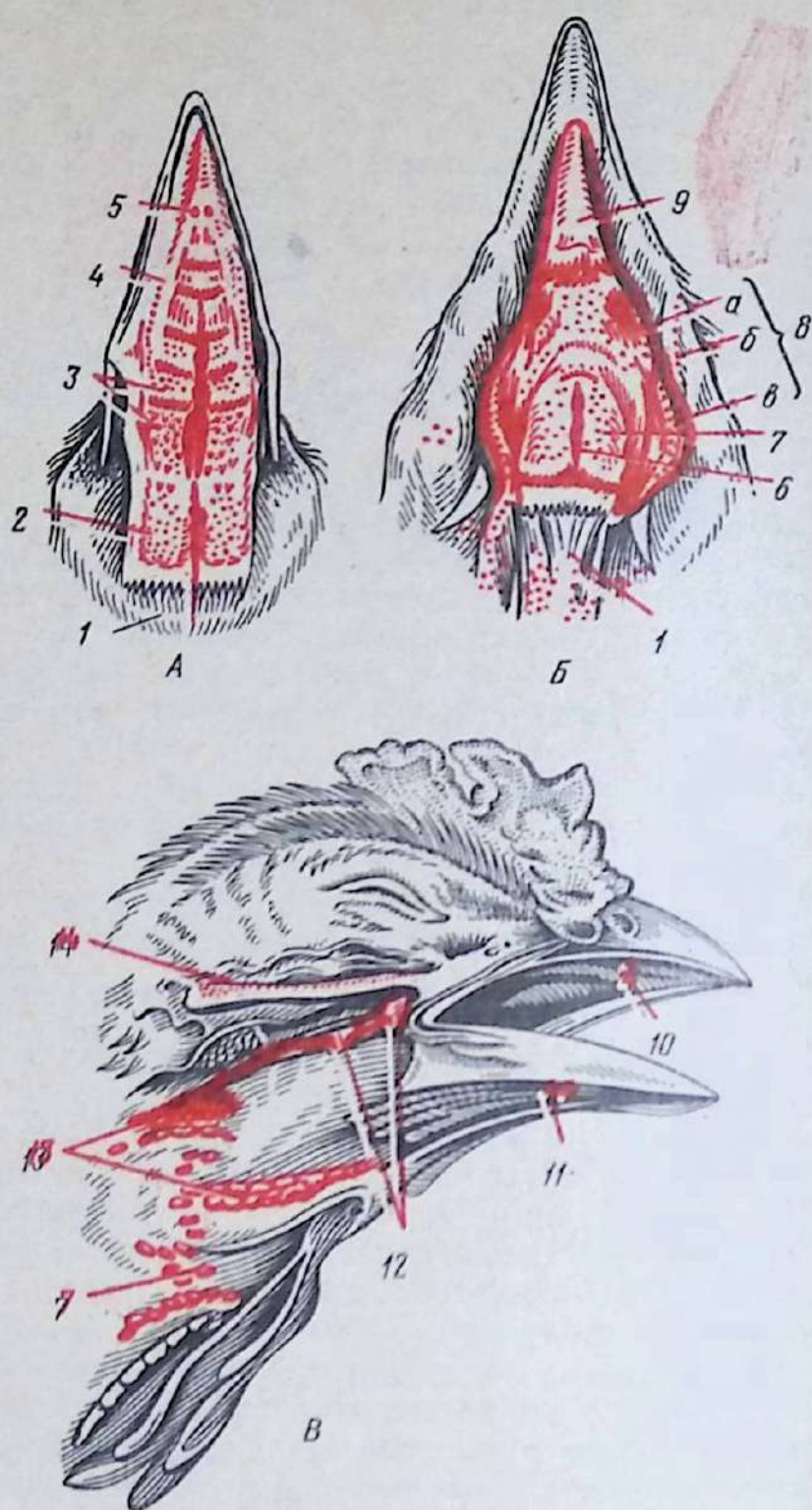


Рис. 74. Слюнные железы курицы:

А — дорсальная стенка ротоглотки; Б — дно ротоглотки; В — слюнные железы курицы (сбоку); 1 — начало пищевода; 2 — глоточные железы; 3 — медиальные и 4 — латеральные нёбные железы; 5 — отверстие челюстных желез; 6 — вход в гортань; 7 — кольцевидно-черпаловидные и 8 — задние подчелюстные железы; вентромедиальные (а), дорсо-латеральные (б), промежуточные (в); 9 — язык; 10 — отверстия челюстных и 11 — передних подчелюстных желез; 12 — железы угла рта; 13 — задние подчелюстные железы; 14 — нёбные железы.

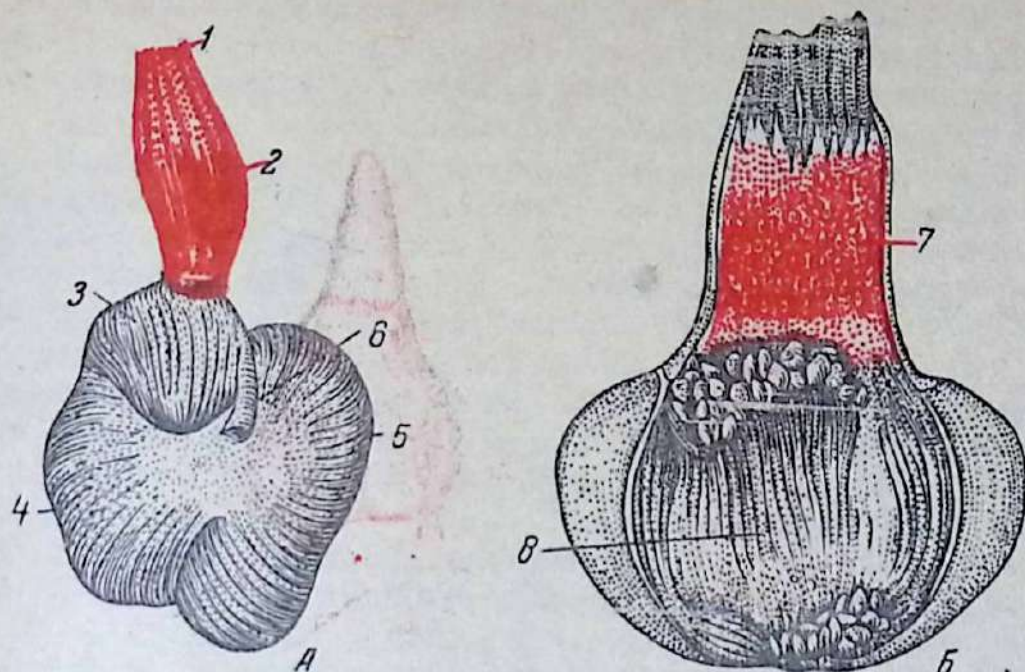


Рис. 75. Желудок курицы:

А — общий вид; Б — вскрытый; 1 — пищевод; 2 — железистая часть желудка; 3 — промежуточные мышцы мускульной части желудка; 4, 5 — боковые мускулы; 6 — двенадцатиперстная кишка; 7 — железы вскрытой части железистого желудка; 8 — слизистая оболочка мускульной части желудка.

нет, но есть незначительное расширение пищевода. Находясь под кожей, зоб срастается с ней. У кур зоб располагается на одной стороне (в виде переднего мешка), у голубей разделяется на левый и правый мешки. У входного и выходного отверстий зоба имеются кольцевые мышцы — сфинктеры, открывающие и закрывающие их. Стенки зоба состоят из тех же трех оболочек, что и пищевод. В толще слизистой оболочки расположены железы трубчатой формы, которые вырабатывают секрет. Слизистая оболочка большой кривизны имеет более ороговевший слой эпителия.

Зоб образовался в процессе эволюционного развития пищеварительного тракта как приспособление для хранения и подготовки корма. В зобе корм размягчается, перемешивается и частично расщепляется углеводы.

Желудок состоит из двух отделов: мышечного и железистого (рис. 75). Железистый отдел желудка имеет форму мешочка. Стенки его состоят из трех оболочек: слизистой, мышечной и серозной. Наиболее развита слизистая оболочка, особенно ее подслизистый слой, в котором расположены крупные трубчатые железы. Между железами клетками имеются межклеточные щелевые ходы. Они направлены к центру, в общую полость, откуда берет начало общий выводной проток, идущий до поверхности слизистой оболочки и там заканчивающийся в виде сосочков, число которых достигает 30—40. К трубчатым железам проходит большая сеть мелких кровеносных сосудов и капилляров. Железы выделяют пепсин и соляную кислоту. Поэтому пищеварительный сок железистого отдела желудка имеет кислую реакцию, pH 3,1—4,5.

Мышечная оболочка железистого отдела желудка состоит из трех слоев гладких мышечных волокон: внутреннего — из продольных мышц, среднего — из кольцевых и наружного — из продольных мышц. Наиболее развитый кольцевой слой мышц.

Серозная оболочка тонкая и нежная, имеет такое же строение, как и серозная оболочка остальных органов пищеварительного тракта.

Мышечный отдел желудка по форме похож на диск с толстыми стенками, темно-красного цвета. У кур он весит 50 г, у уток — 80—90, у гусей — 180—200 г. Располагается желудок слева от печени. В передней части мышечный отдел желудка имеет входное отверстие из железистого отдела желудка и близко расположенное выходное отверстие в двенадцатиперстную кишку (привратник). Стенку желудка составляют слизистая, мышечная и серозная оболочки.

Слизистая оболочка состоит из эпителия и рыхлой соединительной ткани, имеет два слоя: собственно слизистый и подслизистый. В собственно слизистом слое располагается большое количество желез, аналогичных пилорическим. Узкий просвет желез выходит на поверхность слизистой оболочки. Секрет по выходе на поверхность оболочки затвердевает, образуя сплошную ороговевшую желтоватую, складчатой формы массу, которая называется *кутикулой*. В состав ее входят специфичные кератиноподобные белки. Кутикула в отдельных случаях приобретает зеленоватый цвет от желчи, которая забрасывается из двенадцатиперстной кишки в желудок. Верхний слой кутикулы стирается в процессе механической работы, совершаемой желудком, а нижний ее слой пополняется новыми порциями секрета. Так постепенно происходит обновление кутикулы. Наиболее интенсивно образуется кутикула у зерноядных птиц.

У убитой птицы кутикулу можно свободно отделить от слизистой оболочки.

Подслизистый слой состоит из рыхлой соединительной ткани.

Мышечная оболочка образована двумя парами крупных и сильных мышц. Первая пара — главные (боковые) мышцы — имеет форму треугольников, направленных основанием один к другому и соединенных сухожильной связкой, которая придает мышцам снаружи синевато-серебристый блеск. Мышечные клетки основной своей массой расположены перпендикулярно к слизистой оболочке. Вторая пара мышц называется промежуточными мышцами. Они кольцевые, одна из них расположена у места соединения с железистым отделом желудка, а другая — с противоположной стороны.

Мышечные пучки берут начало от сухожильного центра и расходятся в обе стороны, располагаясь обычно перпендикулярно к просвету желудка. Между пучками мышечных волокон имеются прослойки соединительной ткани. Асимметричное расположение мышц способствует тому, что мышечный отдел желудка может с большой силой сдавливать и растирать пищевую массу, поступающую в его полость.

У кур, индеек и цесарок мышечный отдел желудка развит значительно лучше, чем у водоплавающих птиц. У всех птиц, особенно у зернояд-

ных, часто заглатывающих камешки, в привратнике находится клапан в виде одной или двух полулунных складок, которые затрудняют переход крупных тел из мышечного отдела желудка в двенадцатиперстную кишку. На границе между мышечной частью желудка и двенадцатиперстной кишки у кур и уток находится промежуточная зона 3 мм шириной. Здесь имеются длинные ворсинки, эпителий которых покрыт роговым слоем. В нем расположены пилорические железы.

Кишечник — это полая трубка, сложенная петлями и подвешенная на брыжейке. Брыжейка вместе с кишечником прикрепляется к тазовому отделу позвоночного столба. Серозная оболочка, покрывающая брюшную полость и кишечник, выделяет серозную жидкость, которая увлажняет поверхность, облегчая скольжение петель кишечника.

Длина кишечника зависит от возраста птицы и структуры корма. У кур длина кишечника (160—170 см) в 6 раз превышает длину туловища, у гусей и уток — в 4—6, у хищных птиц — в 1½—2 раза.

Кишечник разделяется на два отдела: тонкий и толстый. К тонкому отделу относятся двенадцатиперстная, тощая и подвздошная кишки. Примерно на середине тонкого отдела находится рудиментарный желтковый отросток, отделяющий тощую кишку от подвздошной. К толстому отделу относятся слепые отростки кишки и прямая кишка, которая открывается в клоаку.

Тонкий отдел кишечника имеет общую длину 100—150 см. Он начинается двенадцатиперстной кишкой. Последняя расположена с правой стороны мышечного отдела желудка, идет по его нижней части, огибает, доходит до таза и возвращается вперед, образуя длинную петлю. В краниальной части, после изгиба, в нее открываются протоки поджелудочной железы и печени. Длина двенадцатиперстной кишки составляет 12—25 см, диаметр — 0,5—1,2 см.

От двенадцатиперстной кишки начинается тощая кишка, которая без резких границ переходит в подвздошную. Тонкий отдел кишечника находится позади печени, между воздухоносными мешками, в виде плотно прижатых друг к другу спиральных завитков.

Стенки кишечника состоят из слизистой, мышечной и серозной оболочек (рис. IV).

Слизистая оболочка образует большое количество продольных и поперечных складок. Она выстлана однослойным цилиндрическим эпителием с кутикулярной каймой на свободном конце клеток; среди цилиндрических клеток имеются бокаловидные, которые вырабатывают слизь. Слизистая оболочка, в свою очередь, состоит из собственно слизистого и подслизистого слоев. Собственно слизистый слой оболочки образован ретикулярной соединительной тканью; на всем протяжении кишечника в этом слое имеется большое количество простых трубчатых общекишечных желез (либеркюновых) с выводными протоками. Количество либеркюновых желез у курицы достигает 8000 на 1 см. Сложные железы расположены только в слепых отростках кишок.

Под микроскопом слизистая оболочка кишечника имеет бархатистый вид. У кур, индеек, уток и гусей в стенках кишечника напротив

прикрепления брыжейки и в стенках слепых мешков есть овальные пластинки величиной 0,4—1,2 см, удлиненной формы — п е й е р о в ы б л я ш к и. Слизистая оболочка кишечника имеет большое количество ворсинок. Если максимально растянуть слизистую оболочку, то на 1 см² приходится у курицы в двенадцатиперстной кишке 140, в тощей 220, в подвздошной 280, в прямой 240 ворсинок. Они имеют форму листочков и цилиндриков высотой 0,5—1 мм. Каждая ворсинка имеет основу из ретикулярной соединительной ткани. Покрывается она цилиндрическим эпителием с каемкой, через которую всасываются питательные вещества. В центре ворсинки проходит лимфатический канал (капилляр), соединяющийся с лимфатическими сосудами, расположенными в стенке кишечника. В лимфатических сосудах имеются клапаны, открывающиеся только в направлении к млечным сосудам брыжейки. В стенках ворсинки проходит мелкий ствол артерии, который разветвляется и образует вокруг лимфатического канала своеобразную сеть из кровеносных капилляров.

В слизистой оболочке стенок ворсинок имеются мышечные волокна. Сокращаясь, они сжимают ворсинки.

Подслизистый слой развит слабо. Между мышечной оболочкой и подслизистым слоем расположено так называемое мейснеровское нервное сплетение.

Мышечная оболочка тонкого отдела кишечника состоит из двух слоев гладких мышц: кольцевых (внутренний слой) и продольных (наружный слой). Между этими слоями залегают кровеносные и лимфатические сосуды, а также рыхлая соединительная ткань. Между мышечным слоем и серозной оболочкой имеется нервное сплетение (ауэрбаховское).

Серозная оболочка такая же, как и в других отделах пищеварительного тракта. Она переходит с кишечника на позвоночник, образуя брыжейку.

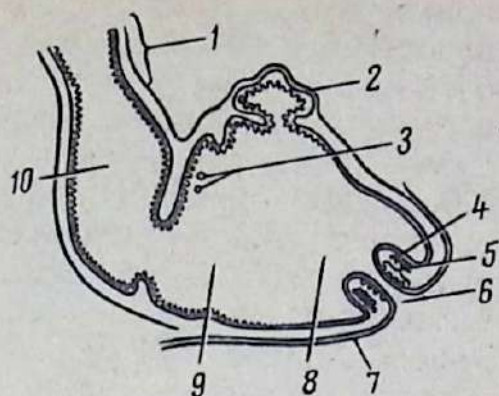
Толстый отдел кишечника по гистологическому строению существенно не отличается от тонкого, за исключением того, что ворсинки здесь несколько короче, количество трубчатых желез меньше, но больше бокаловидных клеток, вырабатывающих слизь. На границе тонкого и толстого отделов кишечника расположены одна или две кольцевые складки в виде клапана.

Слепые отростки кишки в виде двух отростков расположены под углом 25—30° к поверхности кишечника по направлению к желудку, в области перехода подвздошной кишки в прямую. Отростки сужены у основания, расширены в середине и снова сужены. Длина их: у молодняка 5—7 см, у взрослых кур 18—30, у гусей 20—25, у уток 13—22 см. В местах ответвления слепых кишок имеются мускульные клапаны, открывающиеся в кишечник. Слепые отростки кишки устроены так же, как и весь кишечник, только в местах сужения их нет складок слизистой оболочки. В слизистой оболочке слепых отростков кишок заложены лимфоидные скопления, которые на отдельных участках занимают всю ее толщу.

П р я м а я к и ш к а наиболее расширенная часть кишечника. У

Рис. 76. Клоака птицы:

1 — конец кишки; 2 — клоакальная сумка (фабрициус); 3 — отверстие мочеточника и семявыносящего протока; 4 — анальный сфинктер; 5 — анальные железы (слизистые); 6 — анальный канал; 7 — эпидермис; 8 — проктодеум (задняя); 9 — уродеум (средняя) и 10 — копродеум (передняя) полости клоаки.



кур длина ее 6—8 см, диаметр 1—1,5 см. В прямой кишке формируются каловые массы.

К л о а к а — это расширение каудальной части прямой кишки. Она делится двумя поперечными кольцевыми мышцами на отделы передний, средний и задний (рис. 76). Передний — каловый синус, является продолжением прямой кишки, имеет сходное с ней гистологическое строение. Средний — мочевой синус, в его дорсо-латеральную стенку открываются мочеточники и семяпроводы или яйцевод. Средний отдел клоаки выстлан, так же как вышележащие отделы кишечника, однослойным призматическим каемчатым эпителием; железы и ворсинки отсутствуют. Слизистая оболочка клоаки имеет складки. У селезня, гусака и лебедя стенка клоаки образует орган совокупления.

Место перехода прямой кишки в клоаку закрывается кольцеобразной мышцей — внутренним сфинктером. Он состоит из гладкомышечного сфинктера и собственно сфинктера из поперечнополосатых волокон. Около отверстия клоаки слизистая оболочка имеет многослойный эпителий. У гусей вся клоака покрыта многослойным плоским эпителием. В собственном слое слизистой оболочки клоаки заложены лимфоидные образования.

В дорсальной части клоаки у цыплят имеется мешковидное выпячивание с плотными железястыми стенками — клоакальная, или **ф а б р и ц и е в а**, **с у м к а**. Она развивается из заднего отдела кишечной трубки; наибольшего размера достигает у цыплят к 3—3½-месячному возрасту ($3 \times 1,5$ см), а к 10—11 месяцам исчезает; состоит из тех же оболочек, что и кишечник, но в больших складках ее слизистой оболочки имеются лимфоидные элементы. По-видимому, это лимфоидный орган, выполняющий защитные функции выработки антител. Некоторые авторы относят фабрициеву сумку к органам внутренней секреции.

Заднепроходное отверстие имеет форму щели, окруженной валиком кольцевых запирающих мышц (анальный сфинктер).

Поджелудочная железа расположена в петле двенадцатиперстной кишки (рис. IV). Имеет удлинненную форму, желтоватый цвет. Длина ее у кур достигает 12—25 см, масса до 40 г. Длина и масса железы максимально увеличиваются в первые 20 дней жизни птицы. У гусей и уток поджелудочная железа весит 80—100 г.

Поджелудочная железа состоит из двух или трех долей, у кур и уток имеет три выводных протока, у гусей — два. Главный выводной проток впадает в двенадцатиперстную кишку рядом с желчным протоком.

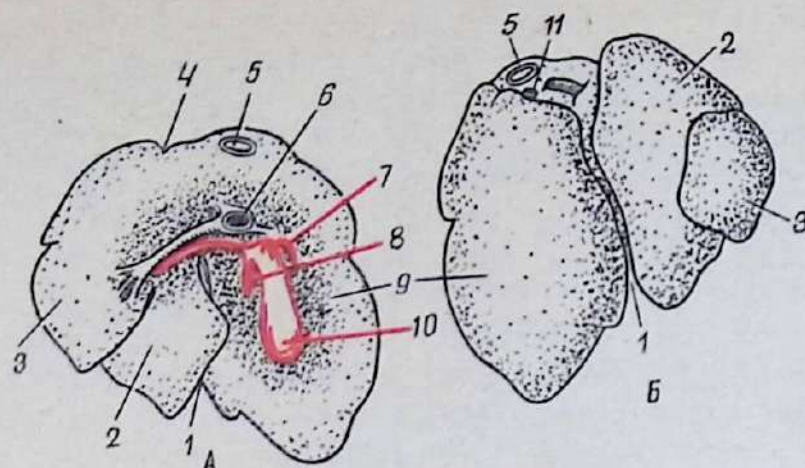


Рис. 77. Печень курицы:

А — задняя; Б — передняя поверхности; 1 — средняя вырезка; 2 — левая внутренняя доля; 3 — левая внешняя доля; 4 — выемка для железистого желудка; 5 — задняя полая вена; 6 — воротная вена; 7 — пузырный проток; 8 — желчный проток; 9 — правая доля; 10 — желчный пузырь; 11 — печеночные вены.

Сформировавшаяся поджелудочная железа относится к сложному типу трубчато-альвеолярных желез с двумя отделами: секреторным и инкреторным. Секреторный отдел состоит из альвеол и протоков. Железистые клетки альвеол имеют коническую форму. Среди секреторной ткани расположены группы эпителиальных клеток, образующих островковую ткань — островки Лангерганса. Эпителиальные клетки имеют конусовидную форму и протоплазму с мелкой зернистостью. В островках находятся капилляры, в которые поступает гормон инсулин, вырабатываемый эндокринными клетками. У гусей и уток островковая ткань более развита, чем у кур.

Поджелудочная железа снаружи окружена соединительнотканной капсулой. Перекладки, отходящие от капсулы, образуют строму железы. Выводные протоки железистого отдела имеют вид тонкостенных трубок, выстланных однослойным кубическим или призматическим эпителием. Более крупные выводные протоки окружены соединительнотканной оболочкой и выстланы призматическим эпителием. За пределами паренхимы железы выводной проток имеет более сложное строение; его стенки состоят из слизистой, мышечной и серозной оболочек.

Печень одна из самых крупных желез (рис. 77). У кур она весит 30—40 г, что составляет $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{30}$ часть массы тела. У откормленных гусей печень весит 900—1000 г, или $\frac{1}{8}$ часть массы тела. Печень выделяет желчь, которая поступает в просвет двенадцатиперстной кишки. В печени откладываются гликоген и некоторые витамины. Она выполняет барьерные (защитные) функции, обезвреживает токсические вещества, проникающие в кровь из кишечника и желудка. Клетки печени превращают продукты распада белков в мочевую кислоту. В период эмбрионального развития печень выполняет кроветворную функцию. Удаление печени вызывает быструю гибель птицы.

Расположена печень позади сердца в виде купола, обращенного вершиной к голове. Удерживается она серповидной связкой, которая

начинается от грудной кости и, переходя в серозную оболочку, покрывает печень. Печень бурого или темно-коричневого цвета. Неполными вырезками она разделяется на правую и левую доли, которые соединяются между собой перемычкой: у уток и гусей широкой, у кур и индеек узкой. Правая доля печени у некоторых видов птиц бывает крупнее левой. На вогнутой поверхности печени имеется углубление, которое называется **в о р о т а м и п е ч е н и**.

По гистологическому строению печень — сложная трубчатая железа. Она состоит из большого количества долек призматической формы, видимых под микроскопом. Каждая долька окружена соединительной тканью. Печеночные клетки располагаются в виде длиннопетлистых сетей и тяжей. Расположенные радиально к оси, дольки имеют неправильную и многоугольную форму. Между печеночными трубками находятся лимфоидные скопления; по мнению некоторых исследователей, в них происходит лейкопоэз. В протоплазме печеночных клеток имеются пигментные зернышки и жировые капли, а в период ее функциональной активности появляются глыбки гликогена и капельки желчи. После кормления птицы количество капелек и других включений в протоплазме клеток увеличивается. В патологических случаях может быть жировое перерождение паренхимы печени.

В ворота печени входят воротная вена, несущая кровь от всего кишечника, и печеночная артерия. Воротная вена, войдя в печень, разветвляется на междольковые вены и внутريدольковые венозные капилляры. В соединительной ткани между дольками, кроме того, имеются желчные протоки, а у гусей и индеек часто встречаются и лимфоидные скопления. Капилляры в центрах долек образуют центральные вены, которые впадают в поддольковые; из последних образуются 2—3 печеночные вены. Кровь оттекает из печени по печеночным венам и впадает в заднюю полую вену.

Печеночная артерия питает кровью саму печень. По печеночной артерии кровь поступает к капсуле печени, затем разветвляется между дольками на мелкие капилляры. Эти капилляры обеспечивают кровью междольчатые печеночные протоки, которые соединяются с междольчатыми ветвями воротной вены.

Лимфатические сосуды начинаются на поверхности каждой дольки печени в виде капилляров, соединяющихся на своем протяжении в более крупные лимфатические протоки, расположенные по ходу кровеносных сосудов.

Ж е л ч н ы й п у з ы р ь имеет шарообразную или вытянутую форму, расположен у правой доли печени. У птиц, не имеющих желчного пузыря (голубь, страус), главные желчные протоки впадают непосредственно в нисходящую и восходящую ветви двенадцатиперстной кишки. От правой доли печени к пузырю подходит желчный проток, по которому поступает желчь. Из желчного пузыря секрет по протоку поступает в двенадцатиперстную кишку. Проток от левой доли печени впадает непосредственно в двенадцатиперстную кишку.

ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Пищеварение — это процесс превращения питательных веществ, содержащихся в корме, в усвояемую для организма форму. Достигается это путем механической, биологической и химической обработок принятого корма по мере продвижения его по пищеварительному тракту.

С помощью клюва, зоба, мышечного желудка, кишечника корм подвергается механической обработке: дробится, растирается, перемешивается и доводится до нужной консистенции, позволяющей свободно проходить пищевой массе из мышечного желудка в двенадцатиперстную кишку. Одновременно с этим на него оказывают действие бактерии, которые поступают с кормом и находятся в содержимом пищеварительного тракта. Они подвергают биологической обработке растительные клетки и в некоторой степени разрушают их. Секреты пищеварительных желез расщепляют белки, жиры и углеводы на более простые компоненты, которые хорошо растворяются и всасываются через стенку кишечника в кровь. Высвободившиеся из корма минеральные вещества, вода и некоторые витамины переходят в раствор и поступают в кровь без дополнительной обработки.

Научные основы физиологии пищеварения были разработаны И. П. Павловым, его учениками и последователями. И. П. Павлов предложил специальные методы для изучения секреторной функции пищеварительных органов. Для этой цели им были использованы различные хирургические приемы, в частности метод наложения фистул. Сущность этих

модифицированных операций у птиц заключается в том, что наружу выводят протоки крупных пищеварительных желез или вставляют фистульные трубки в полые органы, соединяя их с внешней средой. После операции физиологические функции птицы восстанавливаются в норме в течение 5—7 дней, рана заживает. Практика показывает, что птица с фистулой может жить продолжительное время и на ней можно проводить длительные опыты (рис. 78).

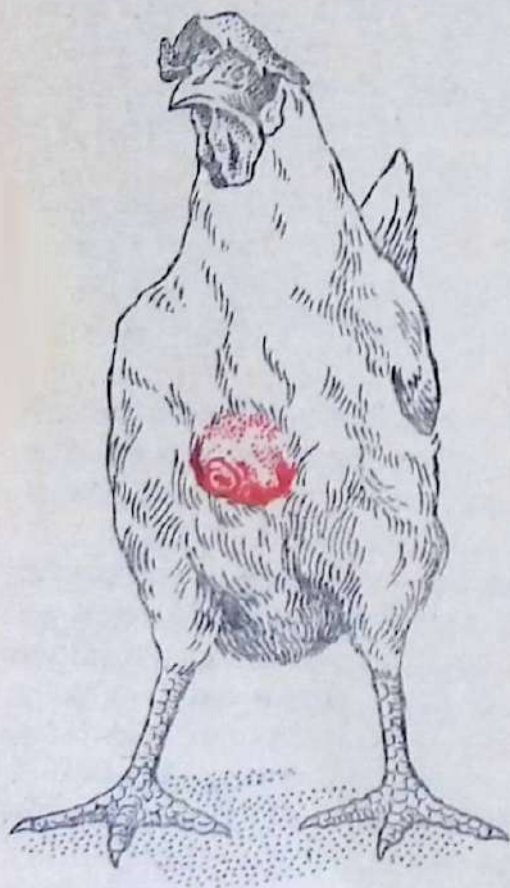


Рис. 78. Курица с фистулой зоба.

Ферменты пищеварительных соков. Ферменты — это биологические катализаторы, т. е. такие вещества, которые в самых ничтожных количествах резко ускоряют течение химических реакций в организме.

По своей химической природе ферменты принадлежат в большинстве случаев к группе простых белков или химических соединений, близких к белкам. Ферменты обладают исключительной специфичностью. Каждый из них действует только на определенный субстрат или тип химической связи в молекуле. Название фермента образу-

ется путем добавления окончания «аза» к корню латинского названия того или другого субстрата, на который он действует, или к названию процесса, катализируемого им. Например, крахмал имеет латинское название амилум, мочеви́на — уре́а, а ферменты, на них действующие, соответственно называются ами́лаза, уре́аза. Ферменты, действующие на белки, протеины (пепсин, трипсин, эрепсин и др.), называются протеа́зами. Группу ферментов, участвующих в окислительных процессах, называют оксида́зами. Группу ферментов, осуществляющих гидролиз, называют гидрола́зами.

Все ферменты условно разделяют на пять групп, которые, в свою очередь, состоят из подгрупп. Наиболее изучены гидролазы, они разрывают связи между углеродом и кислородом.

Общим для всех ферментов является то, что они очень чувствительны к температуре и к изменению активной реакции среды. Оптимальные значения pH: для пепсина 1,5—2,5, трипсина 8,9, липазы поджелудочной железы 8,5, амилазы слюны 6,9—7,0, мальтазы кишечной 6,1.

Пищеварительные ферменты наиболее активны при температуре 33—35°С. С уменьшением или повышением температуры активность их резко снижается, при температуре свыше 70°С действие ферментов прекращается.

Кислотность содержимого в различных отделах пищеварительного тракта. У птиц по сравнению с млекопитающими содержимое пищеварительного тракта (химус) имеет более высокую концентрацию водородных ионов.

У гусей в конце тонкого кишечника отмечается щелочная реакция, а в конце двенадцатиперстной кишки — близкая к нейтральной. У кур pH в железистом отделе желудка составляет 1,52—1,84, мышечном — 4,5—5,0, в двенадцатиперстной кишке — 5,6—6,2, в тонких кишках (тощая) — 5,78—6,3, слепых — 5,84—6,2, толстых — 6,3—7,4.

Скорость продвижения пищевой массы зависит от вида корма, содержания в нем питательных веществ, возраста, физиологического состояния и продуктивности птицы (табл. 11).

У кур, которые мало двигаются, скорость продвижения пищевой массы несколько замедляется. Несмотря на то что общее время, затраченное на прохождение пищевой массы через весь пищеварительный тракт, различно, средняя скорость продвижения является относительно постоянной и составляет 30—39 см в час у цыплят раннего возраста, 32—40 см у цыплят старшего возраста и 40—42 см у кур. На отдельных участках скорость различная, иногда во много раз превышающая среднюю. Например, продвижение корма из ротовой полости в зоб происходит в течение нескольких секунд, тогда как на последующих участках продвижение пищевых масс происходит в более замедленном темпе.

Пищеварение в ротовой полости и зобе. Под языком и в его шейке у птиц имеются вкусовые почки, с помощью которых они различают сладкое, кислое, а по некоторым данным, и горькое (Т. П. Дементьев).

Захваченный корм смачивается слюной и направляется в пищевод. В пищеводе он обволакивается, смачивается слизью и под действием

Табл. 11. Скорость прохождения пищевых масс через пищеварительный тракт у цыплят и кур (В. М. Селянский)

Возраст птицы, дней	Длина кишечника, см	Время, затраченное на прохождение пищевых масс через пищеварительный тракт, ч
10	8—82	2—2½
20	84	2½—3
40	107—111	2½—3
70—80	120—150	3—4
Взрослые куры	160—170	4

сокращения мышц поступает в зоб (у уток и гусей в расширение пищевода). Пищевод может значительно расширяться и пропускать сравнительно большие порции заглатываемого корма. Особенно это отмечается у водоплавающих птиц.

Птица может заглатывать корм при различном положении головы (опущенном или приподнятом), воду заглатывает только при поднятии головы. Вода, минуя зоб, проходит через железистый желудок в мышечный и поступает в кишечник. У голодной птицы корм также может миновать зоб, поступая непосредственно в желудок. После наполнения желудка происходит заполнение кормом левой, а затем правой частей зоба (у голубей). В полость зоба вместе с порцией проглоченного корма поступают слюна и слизь из пищевода. Слизь выделяется также стенками зоба. Под влиянием амилазы слюны крахмал корма подвергается осахариванию. Этому способствуют и бактериальные процессы, протекающие в кормовой массе зоба. Зоб сокращается с различной силой и частотой. Перистальтическое движение начинается в пищеводе, затем переходит на зоб и желудок. Когда зоб пустой, частота его сокращений возрастает, а длительность уменьшается. Если зоб заполнен полностью, то сокращение его замедляется или прекращается и отсутствует в течение 30—40 мин. Перистальтические волны появляются группами, по 2—15 с интервалами 1—40 мин. У голодной птицы с пустым зобом сокращения происходят группами по 8—16 через 10—60 мин. Давление в зобе равно 70—80 мм водяного столба. Нервные импульсы, вызывающие сокращения зоба, проходят по блуждающему (парасимпатическому) нерву.

В процессе сокращения зоба корм перемешивается и поступает порциями в железистый и мышечный желудочки по мере их освобождения. В зависимости от наполнения мышечного желудка, а также вида и консистенции корма кормовая масса задерживается в зобе различное время. Сухой и грубый корм с большим количеством клетчатки находится в зобе дольше, чем влажный и более мягкий. Картофель быстрее покидает зоб в сравнении с зерновым кормом. По данным рентгенографических исследований, отдельные порции принятого корма покидают зоб через 2—5 мин. Полное освобождение зоба происходит в течение нескольких часов (рис. 79).

Пищеварение в желудке. По мере освобождения мышечного отдела желудка размягченная и подвергнутая частичному перевариванию

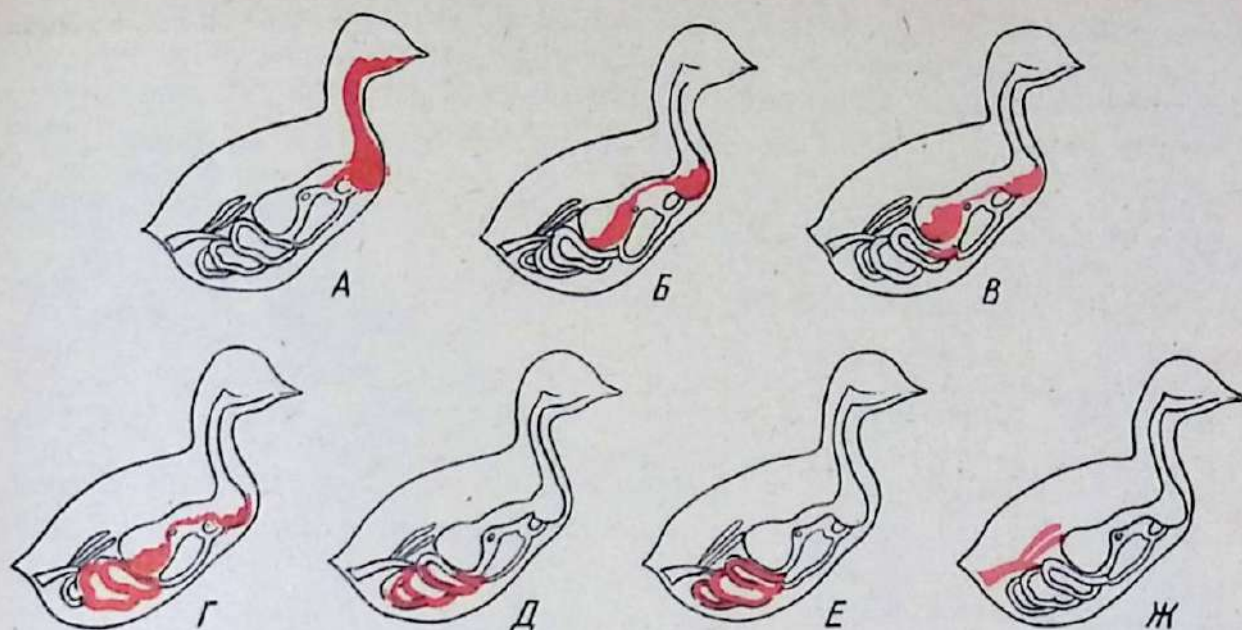


Рис. 79. Последовательность прохождения корма по пищеварительному тракту цыпленка (В. М. Селянский):

А — 1–5 мин; корм в ротовой полости, пищеводе, зобе, частично в железистом отделе желудка; Б — 5–15 мин; корм поступает в мышечный отдел желудка, значительное количество корма содержится в зобе и нижнем отделе пищевода; В — 35 мин; корм концентрируется в мышечном отделе желудка, и отмечается поступление его в тонкий отдел кишечника, в зобе и пищеводе следы корма; Г — 45–55 мин; корм содержится в мышечном отделе желудка и заполняет весь тонкий отдел кишечника; Д — 1 ч 55 мин; корм в тонком и толстом отделах кишечника; Е — 2 ч 25 мин; начинается освобождение от корма толстого отдела кишечника; Ж — 3 ч 35 мин; в толстом отделе кишечника и в слепых кишках остатки корма.

порция корма из зоба по пищеводу поступает в мышечный отдел желудка, не задерживаясь в железистом. Проходя через железистый отдел желудка, корм механически возбуждает работу его желез, и они выделяют пищеварительный сок. Этот сок содержит соляную кислоту и фермент пепсиноген, который в присутствии соляной кислоты переходит в активную форму — пепсин, который расщепляет белки до пептонов (продукты неглубокого расщепления белков). Пепсин более активен при рН 1,9–3,5. Он обнаруживается у гусей в эмбриональный период развития, за 1–2 дня до вылупления из яйца; за 6–7 дней до этого в желудке гусиного эмбриона обнаруживается свободная соляная кислота.

Железы железистого желудка выделяют секрет натошак и в процессе переваривания корма. Натошак за 30 мин выделяется: у гусей 2,4 мл, у индеек 23, у кур 11,3 мл пищеварительного сока. В первый час после кормления секреция сока железами усиливается. При добавлении зелени в рацион взрослой птицы секреция также повышается. После скармливания животных белков секреция сока железами выше, чем при даче растительного корма, однако чрезмерное повышение количества белка в корме снижает секрецию. Наибольшая секреция наблюдается при 15–20% переваримого протеина в рационе. С повышением яйценоскости уровень секреции увеличивается, в период линьки снижается.

Физико-химические свойства сока желудка изменяются в зависимости от возраста, вида и физиологического состояния птицы, качества скормливаемого корма и объема рациона (табл. 12).

Табл. 12. Физико-химические свойства химуса железистого отдела желудка (по Н. П. Федорковскому, К. С. Фоминой)

Вид птицы	Натощак				После кормления комбикормом			
	количество химуса за 90 мин (мл)	pH	общая кислотность (в единицах титра)	протеолитическая активность (мм, по Метту)	количество химуса за 90 мин (мл)	pH	общая кислотность (в единицах титра)	протеолитическая активность (мм, по Метту)
Гуси	24,0	2,24	62,36	0,04	105,4	4,37	72,11	0,24
Индюшки	23,0	1,47	66,30	1,13	74,2	2,22	93,00	2,15
Куры	11,3	1,52	68,40	1,32	38,4	1,84	95,88	2,54

У птиц имеются рефлекторная и химическая фазы секреции желудочных желез. Если показать корм птице, но не давать его, то у нее усиливается секреция желудочного сока. То же происходит, когда птица видит другую птицу, клюющую корм. Рефлекторная фаза сокоотделения может усиливаться в результате механического воздействия корма на желудок. Поэтому в период кормления и в первые 30—60 мин после него корм, действующий как механический раздражитель (комбикорм, овес, а у гусей трава и животные корма), вызывает повышенную секрецию желудочного сока. Гуморальная фаза секреции желудочных желез связана с поступлением в кровь продуктов переваривания белка.

Железистый отдел желудка сокращается ритмически, у голодных кур раз в минуту.

Мышечный отдел желудка выполняет функцию перетирания корма и тем самым у птиц как бы заменяет жевательный аппарат. Сокращается он ритмично (2—3 раза в минуту), длительность каждого сокращения 15—50 с. Давление в мышечном отделе желудка у кур достигает 100—150 мм, у уток — 180, у гусей — 265—280 мм ртутного столба. Поступившая в желудок кормовая масса тщательно растирается и перемешивается с желудочным соком. Находящиеся в желудке гравий и другие инородные тела увеличивают степень дробления корма. Внутренний слой мышечного отдела желудка — кутикула предохраняет мышцы от механических повреждений и, в свою очередь, способствует перетиранию корма.

При скормлировании твердых кормов давление в желудке повышается. Мышечный отдел желудка способен сокращаться автоматически в результате автономной иннервации. Ритм и силу сокращений можно проследить, если через пищевод или фистулу поместить внутрь мышечного отдела желудка резиновый баллончик и записать на ки-мографе его сокращения.

Мышечный отдел желудка иннервируется

волокнами блуждающего и симпатического нервов. Блуждающий нерв усиливает мышечные сокращения и повышает тонус мышц, симпатический нерв оказывает противоположное влияние.

В мышечном отделе желудка частично происходит и химическая обработка корма. Под воздействием соляной кислоты белки набухают и разрушаются, из разрушенных растительных клеток высвобождаются минеральные вещества. Пепсин частично расщепляет белки до пептидов. По-видимому, происходит и процесс распада углеводов под влиянием бактерий, поступивших с кормом.

Переход содержимого мышечного отдела желудка в тонкий отдел кишечника. Содержимое мышечного отдела желудка (химус) по мере его подготовки поступает отдельными порциями в двенадцатиперстную кишку. У выходного отверстия мышечного отдела желудка, в его пилорической части, имеется сфинктер в виде двух полулунных складок. Когда сфинктер сокращается, отверстие закрывается и поступление химуса из желудка в двенадцатиперстную кишку прекращается. При расслаблении сфинктера порция химуса переходит из желудка в двенадцатиперстную кишку.

Рефлекторный механизм перехода химуса из желудка в кишечник следующий. Подготовленный химус приобретает определенную консистенцию и кислотность (рН 5,0). Давление и кислая среда действуют на хемо- и барорецепторы стенок желудка, которые посылают по центро-стремительным нервам импульсы возбуждения в центральную нервную систему. Оттуда по центробежным нервам они передаются сфинктеру выходного отверстия, последний открывается, и порция химуса перемещается из желудка в двенадцатиперстную кишку, где среда имеет рН 5,6—6,2. При поступлении химуса из желудка кислотность в кишке повышается, при этом раздражаются ее хеморецепторы и по рефлекторной дуге передаются импульсы возбуждения, закрывающие пилорический сфинктер. Избыточная кислотность в кишечнике нейтрализуется желчью, поджелудочным и кишечным соками, и процесс открывания сфинктера повторяется. Периодичность перехода химуса из желудка в кишечник имеет большое физиологическое значение. Она исключает возможность излишнего накопления соляной кислоты или щелочных элементов в кишечнике, что отрицательно влияет на активность ферментов. Эвакуация химуса из желудка в кишечник регулируется также осмотическим давлением содержимого желудка. Если в желудок ввести гипертонический раствор, то он будет задерживаться в нем до тех пор, пока не разбавится соком железистого отдела желудка до изотонического состояния. При сильном заполнении кишечника химусом и растягивании его стенок переход очередных порций химуса рефлекторно прекращается.

Пищеварение в тонком отделе кишечника. На пищевую массу в двенадцатиперстной кишке действуют желчь, соки поджелудочной железы и кишечных желез. При участии ферментов здесь происходит активный процесс кишечного пищеварения.

Помимо полостного процесса пищеварения, происходящего в полости кишечника, существует так называемое пристеночное, или мем-

бранное, пищеварение, которое осуществляется ферментами, фиксированными на микроворсинках слизистой оболочки. Здесь завершается процесс расщепления питательных веществ и создаются условия для их всасывания.

Состав и значение желчи. Желчь — это жидкий секрет, вырабатываемый клетками печени, темно- или светло-зеленого цвета и маслянистой консистенции. В ней содержится 78—80% воды и 20—22% сухих веществ, в том числе желчные кислоты, муцин, холестерин, неорганические соли, а также желчные пигменты (билирубин, биливердин), от которых зависит цвет желчи. Пигменты желчи образуются из гемоглобина, который освобождается после разрушения эритроцитов в печени. Реакция желчи слабощелочная.

Желчь образуется в печени непрерывно и собирается в желчном пузыре, часть ее поступает непосредственно в кишку. В просвет двенадцатиперстной кишки желчь из желчного пузыря изливается только в период поступления и прохождения в ней кормовой массы. Желчь, которая собирается в пузыре, по консистенции более густая и темнее окрашена, так как часть воды из нее всасывается в кровь. Печеночная желчь, т. е. та, которая поступает прямо в просвет кишки, имеет более светлую окраску. Желчь птиц отличается от желчи других животных наличием в ее составе стеариновой кислоты. Поступление желчи, закрытие и открытие сфинктера желчного протока осуществляются рефлексорно.

Желчь активизирует пищеварительные ферменты, особенно ферменты, участвующие в расщеплении жиров. Она способствует эмульгированию жиров и тем самым создает большую поверхность для лучшего воздействия жирорасщепляющего фермента. В результате расщепления жиров образуются глицерин и жирные кислоты. Желчные кислоты образуют с последними легкорастворимые соединения, которые хорошо всасываются через кишечную стенку. Желчь усиливает отделение поджелудочного сока, возбуждает перистальтику кишечника, чем ускоряет продвижение химуса.

Действие сока поджелудочной железы. Вместе с химусом из желудка поступает соляная кислота. Под ее влиянием в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки образуется гормон секретин. Он всасывается в кровь и доставляется общим кровотоком к поджелудочной железе, где оказывает действие на ее нервно-железистый аппарат, вызывая выделение поджелудочного сока. На различные корма выделяется неодинаковое количество поджелудочного сока, отличающегося своими свойствами. Усиливает или ослабляет секрецию поджелудочной железы блуждающий нерв. Раздражение симпатического нерва вызывает незначительное сокоотделение.

Пищеварительный сок поджелудочной железы жидкий по консистенции, прозрачный, обладает слабощелочной реакцией, рН 7,2—7,5. В его составе имеются ферменты: трипсин, эрепсин, амилаза, мальтаза, липаза.

Т р и п с и н находится в соке поджелудочной железы в неактивном состоянии в виде трипсиногена. В кишечнике под влиянием энтерокина-

зы трипсиноген переходит в трипсин. Последний очень активен в слабощелочной среде и менее активен в кислой.

Э р е п с и н действует в щелочной среде и как бы довершает работу, начатую пепсином и трипсином. Трипсин и эрепсин расщепляют белки, альбумозы и пептоны до аминокислот, которые хорошо растворяются в воде и свободно всасываются в кровь. В химусе тонкого отдела кишечника азот аминокислот составляет около 30% его общего количества.

Л и п а з а действует в щелочной среде, она активизируется желчью, которая поступает в двенадцатиперстную кишку. Липаза расщепляет жиры на глицерин и жирные кислоты. Глицерин растворим в воде и быстро всасывается. Жирные кислоты омыляются щелочами, образуя с ними соединения, хорошо растворимые в воде, которые также легко всасываются.

А м и л а з а переводит крахмал растительных клеток в дисахарид мальтозу, которая под действием мальтазы превращается в моносахарид глюкозу. Последняя хорошо растворяется в воде и всасывается через стенки кишечника в кровь.

Кишечный сок выделяется кишечными железами в ответ на механическое раздражение слизистой оболочки кишечника. Кишечный сок имеет плотность 1,0076, щелочную реакцию, рН 7,42, мутный цвет. В нем содержатся ферменты: энтерокиназа, эрепсин, амилаза, мальтаза.

Сокращения тонкого отдела кишечника. Различают перистальтические, антиперистальтические и маятникообразные сокращения кишечника. Волны сокращений кольцевой мускулатуры, следующих одно за другим по направлению к толстому отделу кишечника, называются перистальтическими движениями. Периодические волнообразные сокращения кишечника в обратном направлении называются антиперистальтическими движениями.

Перистальтические, или червеобразные, сокращения кишечника происходят вследствие сокращения кольцевых мышц и образования перехвата на одном отрезке кишки и расширения на участке, рядом расположенном. При этом пищевая масса выдавливается из места перехвата в расширенный участок кишки. Затем сокращается расширенный участок кишки, и пищевая масса проталкивается в следующий расширенный участок кишечника.

Антиперистальтика кишечника способствует обратному поступлению пищевой массы из нижележащего в верхележащие участки кишечника. Антиперистальтические движения наблюдаются в начале тонкого и толстого отделов кишечника.

Маятникообразные движения кишечника связаны с сокращением продольных и кольцевых мышц. При сокращении продольных мышц какого-либо участка кишки этот отрезок укорачивается и расширяется, при расслаблении продольных мышц тот же участок кишки удлиняется и суживается. Кроме того, в различных участках той же кишки одновременно происходит сокращение кольцевых мышц. Этими кольцевыми сокращениями пищевая масса дробится на отдель-

ные порции, образуя ряд сегментов. Сокращения, возникшие в одном участке, скоро исчезают, но взамен их начинают сокращаться соседние кольцевые мышцы. Сокращения продольных и кольцевых мышц взаимосвязаны, переменны и происходят в определенном ритме. В результате переменных сокращений содержимое кишечника хорошо перемешивается и продвигается по кишечнику.

Это способствует большему соприкосновению содержимого кишечника с пищеварительными соками и лучшему перевариванию корма.

Мышцы сокращаются под воздействием механического раздражения химусом рецепторов слизистой оболочки кишечника. Чем больше наполнен кишечник и чем больше давление на его стенки, тем сильнее раздражаются нервные окончания (барорецепторы) слизистой оболочки и сильнее сокращается кишечник. Поэтому грубый корм в рационе, в частности клетчатка, усиливает перистальтику кишечника. Импульсы, стимулирующие сокращения кишечника, поступают от центральной нервной системы по блуждающему нерву.

Движение кишечника возникает и под влиянием химических веществ: кислот, солей, желчи и некоторых других, которые поступают в него в процессе пищеварения.

Они раздражают стенки кишечника непосредственно или гуморальным путем, т. е. через кровь.

Кишечник обладает автоматизмом. Если взять изолированный отрезок тонкой кишки и поместить в физиологический раствор, то он будет некоторое время сокращаться, несмотря на то, что не связан с организмом. Это объясняется тем, что под серозной оболочкой над мышечными слоями в стенках кишечника имеются ганглиозные клетки ауэрбаховского нервного сплетения, а в мышечном слое — ганглии и нервные волокна мейснеровского сплетения.

Пищеварение в слепых отростках кишки и в прямой кишке. Благодаря наличию мышц стенки слепых кишок периодически сокращаются и расслабляются. У входного отверстия в слепых отростках кишки есть кольцевые мышцы, выполняющие функции сфинктера. В момент расслабления мышц слепых отростков кишки сфинктер открывается, и содержимое, проходящее по кишечнику, засасывается в слепые отростки и заполняет их. Затем сфинктер сокращается и закрывает входное отверстие.

Когда стенки слепых отростков кишки сокращаются, сфинктер снова открывается, содержимое выбрасывается в просвет толстой кишки и увлекается вместе с проходящим химусом наружу. Заполнение и освобождение слепых кишок происходит один раз за 8—10 сокращений тонкого кишечника.

В слепые отростки кишки поступает не весь химус, а только часть его, содержащая мелкие частицы корма; крупные частицы, минуя устья слепых кишок, проходят дальше и выделяются наружу. В слепых кишках интенсивно всасывается вода и переваривается клетчатка (10—30%).

Превращение клетчатки происходит при участии ферментов и

бактерий, которые в большом количестве находятся в слизистой оболочке слепых отростков. На наличие процессов брожения в слепых отростках указывает специфический запах содержимого.

Прямая кишка сравнительно короткая. Длина ее у кур равна 6—7 см, у уток — 7—9 см. В прямой кишке всасывается вода. Скопляющиеся каловые массы удерживаются кольцевыми мышцами (сфинктерами), имеющимися в начале прямой кишки и в ее конце. Прямая кишка сокращается медленнее, чем тонкий кишечник.

Всасывание питательных веществ. Всасывание — это сложный процесс проникновения различных веществ в кровь или лимфу. Вещества проникают через сложные биологические мембраны, какими в организме служат: эпителиальный слой кожи; слизистая оболочка кишечника, желчного пузыря, легочных альвеол; эндотелий, серозные оболочки, выстилающие брюшную полость, суставные сумки; эндотелиальный слой капилляров; каемчатый эпителий мочевых канальцев почки и др. Все биологические мембраны полупроницаемы, т. е. они пропускают только определенные вещества. Все мембраны в основном проницаемы для основных растворов и непроницаемы для коллоидов. Чаще всего они обладают также односторонней проницаемостью: пропускают вещество лишь в одном направлении.

Всасывание в кишечнике происходит медленно, но благодаря большой поверхности оно вполне обеспечивает организм питательными веществами.

По данным Ю. Техвера, площадь слизистой оболочки всего кишечника составляет (см²): у курицы 1600—2400, утки 1200—1800, гуся 3700—6000, у индейки 5000—9300.

Большая часть ($\frac{2}{3}$) белков, жиров и углеводов расщепляется в полости двенадцатиперстной кишки, однако всасывается их здесь незначительное количество (5—8%). В остальной части тонкого отдела кишечника завершается расщепление питательных веществ и происходит их основное всасывание. В толстом отделе кишечника всасываются главным образом вода и легкорастворимые вещества. Всасывание в кишечнике происходит через каемчатый эпителий. Такое название он получил потому, что на поверхности этого слоя клеток, обращенной в просвет кишки, под микроскопом видна кайма из ворсинок. Кроме всасывания, в зоне каймы происходят еще процессы пристеночного пищеварения.

В опытах с удалением тонкого кишечника ниже двенадцатиперстной кишки животные быстро погибают, потому что прекращается поступление (всасывание) питательных веществ из кишечника в кровь. Опытами также установлено, что повышение давления в кишке до 8—10 мм ртутного столба ускоряет всасывание поваренной соли в 2 раза. Однако если повысить давление до 100 мм, то всасывание прекращается, так как сдавливаются ворсинки и кровеносные сосуды кишечника.

Всасывание воды происходит путем фильтрации, диффузии и осмоса, но, возможно, и другими путями, присущими кишечной стенке. Например, при введении в кишку раствора натрия хлорида соль всасы-

вается быстрее, чем вода, и содержимое кишечника (химус) становится гипотоническим.

В процессе всасывания питательных веществ из кишечника принимают участие гладкие мышечные волокна ворсинок. Они сокращаются, сжимают мельчайшие просветы ворсинок (млечные сосуды), и содержимое из них выдавливается в сеть более крупных сосудов, расположенных глубже. Движение ворсинок вызывает опорожнение лимфатических сосудов и создает присасывающее действие центрального лимфатического сосуда по отношению к содержимому кишечника, что способствует всасыванию (Е. Б. Бабский). Раздражителями, вызывающими движение ворсинок, являются продукты переваривания питательных веществ корма в кишечнике: пептиды, аланин, лейцин, глюкоза, желчные кислоты, экстрактивные вещества.

Возбуждение движения ворсинок зависит еще от особого гормона — велликинина, который образуется в слизистой оболочке кишечника. Есть данные о том, что движение ворсинок регулируется мейснеровским нервным сплетением, заложенным в подслизистом слое кишечника.

Для всасывания питательных веществ и воды имеет значение также перистальтическое движение, которое повышает давление в кишечнике.

Всасывание углеводов. Углеводы расщепляются под действием ферментов до моносахаридов и всасываются в основном в виде глюкозы. В слизистой оболочке тонких кишок происходит фосфорилирование их (соединяются с фосфорной кислотой). Проходя призматический эпителий, эти вещества попадают в капилляры ворсинок и с кровью, оттекающей от кишечника, поступают в воротную вену и печень. Если в крови, притекающей в печень, количество углеводов оптимальное, то они не задерживаются в ней и быстро поступают в общий кровоток. Если содержание сахара в крови выше нормы, глюкоза задерживается в печени и из нее синтезируется животный крахмал — гликоген. Последний может образовываться и откладываться не только в печени, но и в мышцах. Есть данные о том, что всасывание углеводов в кишечнике стимулируется гормоном поджелудочной железы инсулином.

Всасывание жиров. Установлено, что около 75% жира от общего переваренного количества всасывается через лимфатические сосуды, остальная часть его поступает непосредственно в кровь. Жиры под воздействием кишечной липазы расщепляются на глицерин и жирные кислоты.

Глицерин растворяется в воде и всасывается легко. Жирные кислоты не растворяются в кишечном содержимом, но, соединяясь со щелочами желчи, переходят в растворимые соединения (мыла) и поступают через эпителий ворсинок в лимфатический проток или кровеносные капилляры. Затем глицерин и жирные кислоты снова соединяются, образуя жир. Поэтому иногда капельки жира находят уже в лимфатических каналах, отходящих от ворсинок.

Некоторые жиры, содержащиеся в кормах, могут всасываться, не расщепляясь и сохраняя свою специфичность. Эмульгированный

нейтральный жир обычно всасывается через ворсинки кишечника и поступает в лимфатические сосуды.

Продукты расщепления жиров липазой (жирные кислоты и моно- и диглицериды) всасываются через эпителиальный слой кишечника и частью подвергаются ресинтезу в нейтральный жир, а частью используются для синтеза фосфолипидов.

Всасывание белков. Под влиянием протеолитических ферментов пепсина, трипсина и эрепсина белки расщепляются до пептонов, пептидов и аминокислот.

Аминокислоты быстро всасываются через эпителий ворсинок в кровь и доставляются к органам и тканям, где как пластический материал используются для синтеза белков и клеток.

Всасывание солей и воды. В о д а всасывается в тонком и толстом отделах кишечника. Из общего количества воды, принятой из поилок и с кормом, в кровь всасывается около 30—50%. Остальное количество остается в кишечнике для поддержания определенной консистенции химуса и выделяется с пометом. У птиц вода мочи, поступая в клоаку, может снова всасываться. Поэтому некоторые виды птиц длительное время обходятся тем количеством воды, которое содержится в принятом корме и образуется в организме в процессе обмена (так называемая эндогенная вода).

М и н е р а л ь н ы е с о л и хорошо растворяются в пищеварительном соке и всасываются через эпителий слизистой тонкого и толстого кишечника в кровь.

Дефекация — удаление каловых масс из организма. Каловые массы, накопившиеся в прямой кишке, раздражают нервные окончания ее слизистой оболочки. Возникающее возбуждение в рецепторах передается по центростремительному нерву в центр дефекации, расположенный в пояснично-крестцовой части спинного мозга, а оттуда по центробежным нервам к исполнительным органам — заднепроходным запирающим мышцам. Начало дефекации происходит при участии брюшных воздухоносных мешков, так как брюшные мышцы и диафрагма развиты слабо. При вдохе воздухоносные мешки, наполняясь воздухом, давят на кишечник и тем самым продвигают каловые массы назад; затем начинают действовать заднепроходные мышцы, которые выталкивают их наружу. При дефекации у птиц выделяются не только каловые массы, но и моча. Состав помета зависит от используемого корма.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятия. Изучить топографию органов пищеварения у птиц.

Материалы и инструменты: тушки цыплят или кур, таблицы, схемы, ножницы, часовые стекла, чашки Петри, ранорасширитель, ножницы, скальпели.

З а д а н и е. Вскрыть птицу и изучить расположение внутренних органов.

Удаляют с тушек пух и перья. По белой линии послойно разрезают ткани. Сначала справа, а затем слева от белой линии делают разрезы в сторону плечевого пояса. Удаляют отрезанную кожу, мышцы и грудную кость. Зарисовывают расположение печени, мышечного желудка, двенадцатиперстной кишки. Осторожно удаляют печень. Отделяют желчный пузырь и желчь собирают в чашку Петри. Печень взвешивают. Перевязывают ниткой пищеварительный тракт: в нижней части пищевода, в нисходящей части дуодену-

ма и на участке толстого отдела кишечника. Отрезают пищевод около глотки. Вырезают место выхода прямой кишки в клоаку. Подрезают брыжейку, связанную с кишечником, освобождают мышечный желудок от облегчающей и удерживающей жировой соединительной ткани. Взяв рукой пищевод ближе к плечевому поясу, втягивают его внутрь, затем обеими руками вынимают весь пищеварительный тракт из тушки и располагают на бумаге или в кювете. Рассматривают пищевод, желудок, двенадцатиперстную кишку, петли кишечника.

Ножницами или скальпелем отделяют поджелудочную железу, кладут ее на часовое стекло, расправляют и рассматривают. Отрезают кишечник от желудка и извлекают содержимое кишечника в отдельную посуду. Тупым концом ножниц разрезают кишечную трубку вдоль и рассматривают слизистую оболочку. Отделяют мышечный отдел желудка. Ножницами или скальпелем разрезают слой мышц в более рыхлой уплощенной части. Содержимое удаляют, полость моют и вытирают марлевой салфеткой. Рассматривают кутикулу. Сделав небольшой надрез кутикулы, берут край и отрывают ее от мышечного слоя. Рассматривают снятый слой кутикулы и оставшийся слой мышц.

Тупоконечными ножницами разрезают вдоль пищевод, зоб и железистый отдел желудка; рассматривают слизистую оболочку. Осматривают слепые отростки кишки и зарисовывают их.

Обмен веществ и энергии

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Сущность обмена заключается в том, что вещества, поступающие в организм с пищей, водой, из воздуха, в результате сложных физических, химических и биологических процессов распадаются на более простые компоненты, а затем из этих компонентов в органах и тканях образуются более сложные вещества, качественно отличные от исходных. Образующиеся при этом ненужные продукты обмена выводятся из организма различными путями. Таким образом, в организме непрерывно происходят два процесса: ассимиляция и диссимиляция.

Ассимиляция — процесс усвоения питательных веществ, поступающих в организм из окружающей среды. Организм превращает поступившие белки, жиры, углеводы и другие вещества в более простые формы и усваивает их, превращая затем вновь в сложные соединения, но специфичные для тела птицы.

Диссимиляция — это расщепление сложных веществ живой материи на более простые.

Ассимиляция и диссимиляция неразрывно связаны между собой и составляют единый процесс обмена веществ и энергии, непрерывно протекающий в организме. В разные возрастные периоды и при различных условиях существования организма интенсивность ассимиляции и диссимиляции неодинакова. В период роста и развития птиц более интенсивно протекают процессы ассимиляции; с возрастом (по мере старения организма) преобладают процессы диссимиляции. С прекращением процессов обмена живой организм перестает существовать.

Птица двигается, растет и развивается и на это расходует питательные вещества и энергию. Даже в тот момент, когда птица находится в покое, такие органы, как сердце, дыхательные мышцы, кишечник, непрерывно работают. Чтобы покрыть расход питательных веществ и энергии, требуется их постоянное пополнение. Из принятого корма (концентраты, сочные, грубые корма и т. д.) в результате сложных биомеханических процессов в организме усваиваются питательные вещества: белки, жиры, углеводы, минеральные соли, вода и т. д. Они используются на образование новых клеток, формирование тканей, на поддержание осмотического давления, синтез некоторых ферментов, гормонов, витаминов и т. д. Питательные вещества, потребляемые клетками, окисляются; при этом освобождается энергия, которая используется на поддержание температуры тела, совершаемую работу и частично выделяется из организма. Таким образом, корма для птиц являются не только источником веществ, идущих на построение органов и тканей, но и главным источником энергии. Поэтому превращение энергии в организме неразрывно связано с обменом веществ. Обмен веществ принято разделять на общий и межклеточный.

Общий обмен — это обмен веществ и энергии между внешней средой и организмом в обычных условиях существования. Он включает процесс поступления корма, превращение и всасывание питательных веществ в желудочно-кишечном тракте и выделение из организма конечных продуктов распада (CO_2 , H_2O).

Межуточный, или тканевый, обмен характеризуется поступлением и обменом веществ в клетках, органах и тканях. Межуточный обмен неразрывно связан с общим обменом, как часть целого.

Процессы обмена веществ в организме зависят во многом от факторов внешней среды. Поэтому их изучают в связи с возрастом, продуктивностью, физиологическим состоянием птицы, уровнем кормления и условиями содержания (температура, влажность и т. д.). Для выяснения уровня обменных процессов, связанных с жизнедеятельностью организма, возникает необходимость изучить основной обмен.

Основной обмен — это обмен веществ, который происходит в организме при относительном покое мышц, оптимальной температуре и влажности воздуха. Исследования основного обмена у птиц проводят через 6 ч после приема корма, когда пищеварительный тракт полностью освободится от пищевых масс.

Обмен веществ в широком понимании этого слова включает обмен всех веществ, поступающих в организм. Но процессы обмена отдельных веществ имеют свои особенности. Поэтому изучают отдельно белковый, жировой, углеводный, минеральный, водный и витаминный обмен. Следует, однако, помнить, что все эти виды обмена протекают в одном и том же организме и тесно взаимосвязаны.

Методы исследования обмена веществ. Для изучения обмена веществ применяются различные методы.

Метод косвенной калориметрии. Им определяют общий газознергетический обмен (подробно газообмен описан на стр. 145).

Метод определения баланса веществ. Сущность его заключается в том, что в определенных условиях опыта в течение 5—7 дней учитывают общее количество веществ, принятых с кормом и водой птицей, а также выделенных со с пометом (кал + моча), яйцом, выпавшим пером и использованных на прирост общей массы птицы. Количество принятых веществ с кормом и водой составляет приход веществ, а количество выделенных и удержанных веществ организмом — расход веществ. Баланс веществ может быть положительным или отрицательным.

Положительный баланс — состояние, когда питательных веществ поступает больше, чем их расходуется организмом. Избыток питательных веществ используется в организме на прирост общей массы птицы.

Отрицательный баланс — питательных веществ расходуется организмом больше, чем он получает их. Недостаток веществ покрывается за счет уменьшения массы тела самого организма.

Для изучения тканевого обмена используются метод ангиостомии и его модификации.

Метод ангиостомии впервые предложен русским физиологом Е. С. Лондоном в 1918 г. для изучения обмена веществ в отдельном органе. Сущность метода заключается в том, что на артериальные и венозные кровеносные сосуды исследуемого внутреннего органа животного накладывают канюлю (трубочку), изготовленную из неокисляющегося материала; через нее с помощью иглы можно брать притекающую и оттекающую от органа кровь и исследовать ее на составные компоненты. По разности химического состава взятой крови можно судить об обмене веществ и исследуемом органе.

А. А. Алиев предложил новый вариант, так называемый метод хронической

катетеризации кровеносных сосудов, который значительно облегчает взятие образцов крови из глубоких сосудов в достаточном объеме и через частые промежутки времени. Сущность этого метода в том, что у наркотизированного животного в артериаль-ные и венозные сосуды исследуемого органа через кровопускательную иглу большего диаметра вводят в кровеносный сосуд полиэтиленовый катетер меньшего диаметра и фиксируют его концы: один в кровеносном сосуде, другой на поверхности кожи, в ее раз-резах. Вне опыта катетер закрывают пробочкой, при взятии крови его открывают.

Метод меченых атомов (радиоактивные изотопы) основан на том, что изотопы ряда химических элементов обладают радиоактивным распадом, который можно учитывать с помощью специальной счетной установки. Радиоактивные изотопы вводят в организм с кормом или другим путем и определяют их местонахождение. Этим методом удается изучить: 1) перемещение и место расположения исследуемых веществ в теле организма птиц; 2) механизм различных процессов обмена, превращение и строение веществ; 3) количество вещества.

Метод переживающих органов. Некоторые органы, отделенные от организма, в течение некоторого времени сохраняют при определенных условиях способность к обмену. Это дает возможность вводить в орган питательные вещества и по составу оттекающей жидкости изучать обмен веществ.

Для изучения обмена веществ применяют и другие методы: гистологические и гисто-химические исследования, измельчение тканей и получение из них экстрактов, определение тканевого дыхания и пр.

Обмен белков. Белки, или протеин, — сложные высокомолеку-лярные органические соединения, состоящие из аминокислот. Они являются главной составной частью живого вещества и материальной основой процессов жизнедеятельности организмов.

Химический состав белков разнообразен: в них входят углерод, кислород, водород, азот, иногда сера, магний, фосфор и железо. Молекула белка состоит из десятков и сотен аминокислот, которые соединены одна с другой в длинные цепочки в определенном порядке, специфичном для различных белков. Эти длинные цепочки могут скручиваться, складываться, образуя сложные пространственные структуры, которые, в свою очередь, тоже соединяются. Структура белковых молекул животных свойственна только данному виду.

Все белки принято делить на простые, или протеины, и сложные, или протеиды. **Протеины** при расщеплении распадаются только на аминокислоты. К протеинам относятся: альбумины, глобулины, гистоны, протамины и др. **Протеиды** распадаются на аминокислоты и другие соединения, например фосфорную кислоту, углеводы, нуклеиновые кислоты и пр. В зависимости от характера второго компонента, находящегося в соединении с аминокислотами, сложные белки разделяют на подгруппы: нуклеопротеиды (в их состав входит нуклеиновая кислота), фосфопротеиды (включают фосфорную кисло-ту), хромопротеиды (содержат пигментную группу), липопротеиды (включают жиры или липоиды).

Белки корма, поступившие в пищеварительный тракт и подвергшие-ся переработке, теряют видовую специфичность. В пищеварительном тракте белки под воздействием протеолитических ферментов расщепля-ются на свои составные компоненты — пептоны и полипептиды, а затем аминокислоты. Последние хорошо растворяются в воде, всасы-ваются через стенку кишечника в кровь и общим кровотоком доставляются в печень и к другим тканям, где используются для образования специфических белков тела птиц, а также ферментов и

гормонов. В организме растущего молодняка происходят более интенсивные процессы синтеза белка и в большем количестве задерживается азот по сравнению с организмом взрослой птицы. Аминокислоты, не использованные тканями в качестве пластического материала, образующиеся при распаде белков, поступают в печень, где дезаминируются, т. е. от них отщепляется аминогруппа (NH_2), которая превращается затем в аммиак. Из последнего в печени образуется мочева кислота, которая потом выделяется из организма. Безазотистый остаток аминокислот превращается к глюкозу, а затем в гликоген, используемый организмом как энергетический материал. Из безазотистого остатка может образоваться также глицерин — составная часть жира. Таким образом, белковый обмен тесно связан с углеводным и жировым обменом.

Важную роль в белковом обмене играет печень. В ней происходят процессы дезаминирования и переаминирования (перенос аминогруппы от одной аминокислоты к другой). Этим достигается перестройка аминокислот соответственно специфике белков данного организма. В результате переаминирования в теле птицы происходит непрерывный процесс обмена между аминокислотами, находящимися в белке и вне белка. Через почки выделяются конечные продукты распада белков — мочева кислота и незначительное количество мочевины. Нарушение работы почек ведет к накоплению конечных продуктов белкового обмена и вызывает отравление организма.

Азотистый баланс — это отношение количества азота, поступившего в организм, к количеству азота, находящегося в приросте тканей и выведенного с пометом (кал + моча), яйцом и выпавшим пером. Если количество азота, выделенного из организма и удержанного в тканях, равно количеству азота, принятого с кормом, такое состояние называется азотистым равновесием. Когда количество поступившего азота превышает количество выведенного, то говорят о положительном азотистом балансе. Задержка азота в организме чаще всего наблюдается у растущих организмов. Она обусловлена тем, что у них происходят развитие органов и тканей, увеличение массы тела. Задержка азота отмечается и в период яйцекладки в связи с образованием яйца.

Выделившийся с пометом азот разделяют на *эндогенный* — продукт распада белков тканей и *экзогенный* — продукт непереваренных остатков корма. Эндогенный азот выделяется всегда с мочой, так как в организме непрерывно происходит обновление клеток. Количество его зависит от количества белка, поступившего с кормом. Если последнего недостаточно, то больше расходуется белков тканей, а следовательно, больше выделяется эндогенного азота. Когда количество выделенного из организма азота превышает его поступление, наступает отрицательный азотистый баланс.

Белок в теле не откладывается про запас, что наблюдается, например, с углеводами и жирами. Весь запас азота определяется текущей потребностью. Поэтому избыточное скармливание белка может

вызвать некоторую перегрузку организма. При уменьшении содержания белка в корме некоторое время сохраняется белковое равновесие, но затем наступает отрицательный азотистый баланс.

Белковый минимум — это то количество белка, которое необходимо для поддержания азотистого равновесия. Для птиц различного вида, возраста, продуктивности и физиологического состояния белковый минимум разный. Курице живой массой 2—2,2 кг с яйценоскостью 170—200 яиц требуется 18—19 г протеина в сутки, или 8,5—9 г на 1 кг живой массы. Уменьшение количества белка до 15 г, так же как и повышение его до 22 г в сутки, снижает продуктивность курицы. Индейке живой массой 6 кг с яйценоскостью 18 яиц в месяц необходимо 38 г переваримого протеина в сутки, гусыне при яйценоскости 50 яиц — 38—41 г, утке при яйценоскости 112 яиц — 32—38 г. С повышением продуктивности птицы белковый минимум должен увеличиваться из расчета 2,4—2,5 г на каждые 10 г яичной массы и 3—4 г на 1 кг массы.

Биологическая полноценность белка. Известно более 20 аминокислот, из которых состоят белки животных и растений. Часть из них может синтезироваться в организме из других аминокислот, а некоторые аминокислоты могут образовываться из безазотистых веществ и аммиака. Поэтому недостача их в корме в какой-то степени компенсируется процессами биосинтеза в организме. Аминокислоты, которые могут синтезироваться в организме, называются **заменяемыми**. К ним относятся: аланин, гликокол, серин, цистин, тирозин, норлейцин, орнитин, пролин, оксипролин, оксилизин, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота. Аминокислоты, которые не образуются в организме и синтез белка без которых невозможен, называются **незаменимыми** или **жизненно необходимыми**. Незаменимые аминокислоты: метионин, триптофан, лейцин, изолейцин, лизин, аргинин, треонин, фенилаланин, валин, гистидин.

Белки, которые содержат все незаменимые аминокислоты, называются **полноценными**. Белки, не имеющие полного набора незаменимых аминокислот, называются **неполноценными**. Белки животного происхождения (молока, яиц, крови, мяса) преимущественно полноценные. Но есть белки животного происхождения и неполноценные, например желатин. Из растительных продуктов полноценные белки содержат овес, бобовые культуры и картофель. Практически важно, чтобы рационы птиц были полноценными не только по количеству белка, но и по наличию в них всех необходимых аминокислот.

Биологическая ценность белков животных и растительных кормов по образованию белка в организме птиц различна. Из 100 г животных белков в организме может образоваться 70—95% белка, тогда как из 100 г растительных белков — только 60—65%.

Белковый обмен регулируется центральной нервной системой. Центр белкового обмена находится в подбугровой области промежуточного мозга. В обмене белков большую роль играет также гормон щитовидной железы тироксин. Увеличение его коли-

чества в крови повышает белковый обмен. На щитовидную железу влияет нервная система, поэтому в конечном счете регуляция обмена белков является нейрогуморальной. На белковый обмен влияет и состав самого корма, который до некоторой степени изменяет кислотно-щелочное равновесие в организме. Белки в организме повышают общий уровень обмена веществ. Это их свойство называют специфическим динамическим действием.

Обмен жиров. Жиры и жироподобные вещества являются главным энергетическим материалом в организме, они участвуют в построении оболочек и в виде отдельных включений входят в состав протоплазмы клеток. Жир откладывается главным образом в подкожной клетчатке, а также вокруг внутренних органов (сердце, мышечный желудок, кишечник, яичник) и внутри органов (печень и мышцы).

Н е й т р а л ь н ы е ж и р ы, или триглицериды, — это сложные эфиры трехатомного спирта (глицерина) и жирных кислот. В состав жиров чаще всего входят высокомолекулярные жирные кислоты: предельные (стеариновая, пальмитиновая) и непредельные (олеиновая и др.). В зависимости от того, какие кислоты входят в состав жиров, свойства их и, в частности, температура плавления различны. Растительные жиры (масла) содержат в своем составе непредельные, или ненасыщенные, жирные кислоты и имеют более жидкую консистенцию. Животные жиры содержат в своем составе высокомолекулярные жирные кислоты предельного ряда (насыщенные), поэтому животный жир более твердый и имеет более высокую точку плавления. Некоторые жирные кислоты, например линолевая и арахидоновая, не могут синтезироваться в организме, это незаменимые жирные кислоты. Их необходимо давать с кормом.

К жирам относятся и **л и п о и д ы**, или жироподобные вещества, которые в своем составе, помимо глицерина и жирных кислот, содержат фосфорную кислоту и азотистые основания. Их разделяют на две группы: фосфолипиды, или фосфатиды, и стерины. Последние отличаются от жиров тем, что в своем составе имеют циклические одноатомные спирты (например, холестерин). К жироподобным веществам относятся также каротин и ксантофилл, содержащиеся в растениях.

В пищеварительном тракте под действием фермента липазы и при участии желчи жиры расщепляются на глицерин и жирные кислоты. В клетках слизистой оболочки кишечника из глицерина и жирных кислот образуется жир, отличающийся своими свойствами от исходного, поступающего с кормом. Поэтому жир разных видов птиц или жир одного и того же вида птиц, полученный из различных тканей, неодинаков по составу жирных кислот. От количества и химического состава скармливаемых жиров зависят химический состав и специфический привкус жира, отлагаемого в организме. Например, при обильном кормлении птиц рыбьим жиром их мясо и жир приобретают привкус рыбы.

Из кишечника жир поступает главным образом в лимфу и частично непосредственно в кровь. Жиры, всосавшиеся в кровь, задерживаются в

печени, а поступающие в лимфу в основном идут в подкожную клетчатку, в область сердца, желудка, кишечника, яичника, где откладываются про запас. Это так называемый депонированный жир. Количество его в организме птиц может быть в пределах 10—30%; оно зависит от вида, возраста, физиологического состояния и кормления птицы, а также от структуры рациона и состава кормов. Депонированный подкожный жир используется как высокоэнергетический материал. Кроме того, подкожный жир хорошо защищает организм от воздействия внешних факторов.

Количество жира, входящего в структуру клеток или находящегося в виде включений в их протоплазме, относительно постоянно. Этот жир расходуется организмом лишь в крайних случаях.

Жировой обмен тесно связан с углеводным и белковым обменом. В организме жир может синтезироваться не только из жиров корма, но и из углеводов и белков. Образовавшийся при распаде жира в жировых депо глицерин может поступать с кровью в печень, где превращается в гликоген и используется в обмене углеводов. Жирные кислоты окисляются и после ряда превращений образуют уксусную кислоту. Последняя распадается на углекислый газ и воду, которые выводятся из организма главным образом с выдыхаемым воздухом. При нарушениях жирового обмена уксусная кислота не вовлекается в обмен или используется в недостаточном количестве; при этом в организме и моче появляется избыток ацетоновых и кетоновых тел (ацетоуксусная кислота, ацетон-бета-оксимасляная кислота). Накопление их в организме может привести к отравлению и гибели птицы.

В растительных и животных кормах, входящих в состав рациона, жиры и жироподобные вещества содержатся в достаточном количестве. Поэтому задаваемый с кормом жир обычно не учитывают. Однако при их явном недостатке к рациону добавляют жировые вещества, например технические жир и пр.

Регуляция жирового обмена связана с регуляцией углеводного обмена. В регуляции жирового обмена участвуют центральная нервная система и гормоны щитовидной железы, гипофиза, поджелудочной железы, половых желез, надпочечников. Центр жирового обмена расположен в промежуточном мозге.

Раздражение симпатической нервной системы мобилизует жир из депо и усиливает его распад в печени. Ослабление функции органов размножения, выключение гормонов половых желез снижают окислительно-восстановительные процессы в клетках и тканях, жиरोотложение в теле птиц повышается. Кастрация птиц ускоряет откорм и жиरोотложение в их теле.

Обмен углеводов. Углеводы в растительных и животных кормах представлены моно- и дисахаридами и более сложными соединениями — полисахаридами. Представителями полисахаридов являются крахмал и клетчатка растений, гликоген.

В пищеварительном тракте птиц сложные углеводы расщепляются на простые — моносахариды (главным образом глюкозу, или виноградный сахар). Из кишечника моносахариды всасываются в кровь и

попадают через воротную вену в печень. Здесь большая часть их задерживается и превращается в гликоген (животный крахмал), последний откладывается как запас в ее клетках. В печени гликоген образуется также из молочной кислоты, глицерина и безазотистого остатка аминокислот. Из 100 г расщепленного и дезаминированного белка может образоваться около 56 г сахара. Часть глюкозы, не задерживаясь в печени, доставляется кровью непосредственно к клеткам тканей и там превращается в гликоген тканей, затем он снова расщепляется до моносахаридов и только тогда используется для жизнедеятельности клеток. Увеличение углеводов в кормах может повышать запас гликогена в печени до 10% ее массы (при обычном его содержании 1—2%). Несмотря на то что некоторая часть гликогена откладывается в других тканях (мышцы), основной запас гликогена находится в печени. Удаление печени или нарушение ее функций в углеводном обмене влечет за собой, как правило, гибель организма. В крови птиц глюкоза содержится в относительно постоянном количестве: у кур 0,1—0,2%, у уток и гусей 0,15%. Если печень не успевает синтезировать весь сахар, поступающий с кормом, в гликоген, он поступает непосредственно в общее кровяное русло. Количество сахара в крови повышается в 1,5—2 раза, создается так называемая пищевая (алиментарная) гипергликемия. Избыток сахара выводится почками, и в моче появляется глюкоза, т. е. наступает глюкозурия. Это временное явление, оно вскоре проходит без нарушения функций организма. Но если повышение количества сахара в крови вызвано нарушением секреторной функции поджелудочной железы, то наступает заболевание, известное под названием сахарной болезни, или диабета. У птиц диабет в обычных условиях не установлен. При высокой яйценоскости птицы, нарушении функции печени или поджелудочной железы количество сахара в крови может уменьшиться, наступает гипогликемия. Длительная недостаточность сахара в крови нарушает в первую очередь деятельность центральной нервной системы: появляются судороги и может наступить гибель организма.

Углеводный обмен регулируется нервной системой и гормонами желез внутренней секреции. Высший центр регуляции углеводного обмена расположен в гипоталамусе. Пониженное содержание сахара в крови возбуждает нервный центр углеводного обмена, возбуждение передается через симпатическую нервную систему в мозговой слой надпочечников и усиливает продуцирование гормона адреналина. Последний, поступая с кровью в печень, стимулирует распад гликогена и образование глюкозы, в результате чего содержание глюкозы в крови повышается. С повышением сахара в крови усиливается деятельность клеток островков Лангерганса поджелудочной железы и они увеличивают выделение гормона инсулина. Инсулин, поступая в кровь, а затем в печень, оказывает обратное действие: он вызывает образование гликогена из сахара, количество сахара в крови при этом уменьшается.

Углеводы расходуются в первую очередь как энергетический материал: 1 г углеводов образует 4,1 ккал. Распад углеводов пре-

дотворяет излишний расход белков на образование энергии и способствует уменьшению образования кетоновых тел.

Включение в рацион птиц кормов, богатых углеводами, не только улучшает переваривание, но и повышает углеводный обмен, увеличивает запас сахара в печени и отчасти в тканях, а это, в свою очередь, приводит к повышению яйценоскости. Превращение углеводов в жиры можно наблюдать на практике при откорме птиц. Если птице с законченным ростом скормить корма с большим содержанием углеводов, то в ее теле откладывается больше жира.

Минеральный обмен. В организме птиц имеются различные минеральные элементы: калий, натрий, кальций, фосфор, железо, магний, сера и др. Сумма минеральных веществ в теле птиц составляет в зависимости от возраста 3—5% живой массы. Кальций, фосфор, натрий, магний, хлор, калий и сера находятся в организме в относительно большом количестве; их принято называть макроэлементами. Железо, кобальт, марганец, медь, цинк, йод и другие элементы содержатся в незначительных количествах и носят название микроэлементов. Минеральные вещества могут находиться в организме или в нерастворенном состоянии (например, в костях), или в виде простых и коллоидных растворов. В крови, лимфе и секретах желез минеральные вещества находятся преимущественно в диссоциированном состоянии, в виде катионов, несущих положительный электрический заряд, и анионов, заряженных отрицательно. При этом общее количество катионов и анионов поддерживается в определенном равновесии.

Несмотря на то что минеральные вещества в организме птиц составляют относительно небольшой процент, а некоторые элементы находятся в микродозах, роль их в организме исключительно велика. Минеральные соли входят в состав клеточных структур, активизируют некоторые ферментные системы, принимают активное участие в процессе обмена веществ и роста, участвуют в поддержании определенного осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия в биологических жидкостях, тесно связаны с энергетическим и водным обменом.

Минеральные соли поступают в организм с кормом и водой. Но минеральный состав кормов неодинаков. Поэтому при неправильном сбалансировании их в рационе в организме птицы может быть избыток или недостаток минеральных веществ, что приводит к нарушению процессов обмена.

Макроэлементы. Натрий в большом количестве содержится в жидкостях организма (кровь, лимфа). В сыворотке крови он находится в виде свободных ионов, а в тканях — в виде солей.

Натриевые соли животных кормов и добавок легко растворяются и быстро всасываются в кишечнике: 75% всасывается уже через 10 мин после введения, а через час — 95%. Всосавшийся натрий поступает в печень, где входит в соединение с белками и органическими кислотами, частично включается в желчь в виде натриевых солей желчных кислот. Значительная часть всосавшегося натрия задерживается в тканях, около 20—30% общего количества — в костях (необмениваемый натрий).

Обмениваемый натрий содержится главным образом во внеклеточной жидкости и лишь частично в кости.

Основное количество натрия выделяется из организма через почки с мочой. Часть натрия выделяется с кишечным соком и через стенку кишечника. Обмен натрия в организме контролируется нервной системой, железами внутренней секреции, в частности гормоном надпочечников (альдостероном, дезоксикортикостероном).

Натрий необходим для построения тканей растущего организма. По данным В. И. Георгиевского, наибольшие изменения содержания натрия в тканях наблюдаются в первые 10—12 дней, а в возрасте 3—4 недель количество его становится относительно стабильным, в мягких тканях с возрастом птицы количество натрия снижается. Ионы натрия (вместе с ионами калия) оказывают влияние на возбудимость нервной системы, скелетной мускулатуры и мышц сердца. Натрий участвует в нейтрализации кислот, поддержании осмотического давления (в виде NaCl), тесно связан с обменом воды в организме. Хлористый натрий служит материалом для образования соляной кислоты желудочного сока. Повышенное содержание натрия в крови и внеклеточной жидкости вызывает жажду и усиление выделения антидиуретического гормона, что способствует задержке воды в тканях. При недостатке натрия у кур снижаются яйценоскость и использование питательных веществ, появляется расклев (каннибализм), особенно при содержании птиц на кукурузном рационе.

У растущего молодняка при недостатке натрия задерживается рост, увеличиваются надпочечники.

Токсическая доза натрия (5% от рациона) вызывает острое отравление, которое характеризуется тем, что появляются понос, рвота, нарушается дыхание, возникают сильная жажда, конвульсии, цианоз гребня, часто выделяется моча. Через 6—48 ч птица гибнет. На вскрытии обнаруживают увеличение почек, отеки тканей, бледность мускулатуры, геморрагии в пищеварительном тракте, энтерит, нефриты.

К а л и й в виде солей содержится в основном в клетках организма. Основное депо калия — мышечная ткань. В плазме крови содержится до 20 мг% калия, в эритроцитах больше. Повышение количества калия в плазме крови до 60 мг% приводит к серьезным нарушениям функций организма. Полное исключение калия из жидкости, пропускаемой в эксперименте через сердце, ведет к остановке последнего. Между клетками и межклеточным веществом происходит непрерывный обмен калием. Соли калия, находящиеся в кормах, быстро всасываются в кишечнике и поступают в печень, где калий соединяется с белками и органическими кислотами, а затем кровотоком доставляется в органы и ткани. Регулируется количество калия за счет депонирования его в мышцах и выделения через почки с мочой. Возбуждение симпатической нервной системы повышает выделение калия из организма, а возбуждение парасимпатической уменьшает. На обмен калия влияют гормон коркового слоя надпочечников кортикостерон и родственные ему вещества. При недостаточной функции надпочечников в моче повышается

концентрация натрия и уменьшается концентрация калия. Соотношение натрия к калию в рационе птиц должно составлять 0,8—1.

Х л о р чаще находится в соединении с натрием, реже с калием. В связи с этим основное количество хлора содержится в межклеточных жидкостях. Обмен хлора во многом аналогичен обмену натрия. Хлор принимает участие в процессе связывания и переноса углекислоты бикарбонатами плазмы. Он имеет большое значение как компонент в буферных системах крови, а также в растворах, поддерживающих осмотическое давление. Хлор задерживается на некоторое время в печени, но в основном в поджелудочной железе, селезенке, легких, коже, выделяется почками. Значительное количество хлора выделяется с соком железистого желудка, но в этом случае он снова всасывается в кишечнике и потери его с пометом незначительны. При гиперфункции щитовидной железы уменьшается содержание хлора в тканях и отмечается увеличение его в сыворотке крови, усиливается выделение хлора через почки. При недостаточности функции щитовидной железы наблюдается обратная картина. Адреналин снижает всасывание хлоридов в кишечнике, инсулин, наоборот, повышает. Повышение тонуса симпатической нервной системы снижает количество хлоридов в крови и моче, а парасимпатической системы увеличивает. Среднесуточное потребление хлора 0,35—0,43 г, удерживается в организме в количестве 0,02—0,03 г. Недостаток хлора в организме вызывает торможение роста, снижается содержание калия и натрия в крови, повышается смертность цыплят. Добавка хлорида натрия в рационы птиц в количестве 1200 мг/кг устраняет указанные патологические изменения.

К а л ь ц и й. Из общего количества кальция в организме 99% находится в костях и только 1% — в других тканях. В костях кальций находится в соединении с фосфорной $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ или угольной (CaCO_3) кислотой и в небольшом количестве в виде фтористого кальция. В сыворотке крови цыплят содержится кальция 9—14 мг%, у кур в период яйценоскости — до 30—40 мг%. В сыворотке он находится в двух формах: в виде ионизированного кальция (около 60%), способного к диффузии через ультрафильтры и неспособного к диффузии в соединениях с протеином. Незначительное количество кальция находится в эритроцитах в соединении с белками. Кальций в кормах находится в форме углекислых, фосфорнокислых и щавелевокислых солей. Организм курицы в период яйцекладки усваивает 60—70% кальция. Основное всасывание кальция происходит в тонком отделе кишечника. Под влиянием соляной кислоты сока железистого желудка часть кальция корма переходит в растворимое соединение — хлористый кальций, который хорошо всасывается в кровь. Остальная часть кальция под воздействием щелочного кишечного сока образует нерастворимые углекислые и фосфорнокислые соли. Желчные кислоты, вступая во взаимодействие с кальциевыми солями, создают комплексные соединения, легко всасывающиеся через стенку кишечника в кровь. Часть кальция соединяется с жирными кислотами, образуя мыла, которые при участии желчи также хорошо всасываются в кишечнике.

Всосавшийся кальций через несколько минут оказывается в костной ткани, где концентрация его быстро нарастает; чем моложе птица, тем быстрее идет включение кальция в костную ткань. С возрастом птицы в связи с уменьшением абсорбции кальция и ослаблением интенсивности роста кости включение кальция в костную ткань снижается. В дни яйцекладки абсорбция кальция возрастает (Бауман, 1956), а выделение его в помете в период формирования скорлупы яйца в яйцеводе снижается в 1,8 раза. До начала яйцекладки скелет курицы мало отличается от скелета петуха, а перед началом яйцекладки в полости бедренной, берцовой, плечевой костей, в ребрах, позвонках формируется медуальное костное вещество (новообразующее костное вещество); количество его может достигать 12—18% (В. И. Георгиевский).

Кальций выделяется из организма с яйцом, каловыми массами, мочой и пером, выпадающим в период линьки. Показано, что выделение кальция с мочой у кур выше, чем у других видов животных, и что уровень кальциевого обмена варьирует в зависимости от наличия или отсутствия яйцекладки. Молодки и высокопродуктивные куры лучше используют кальций, поступающий с кормом, на образование яиц. Скорлупа яйца содержит в среднем 2 г кальция. При яйценоскости 200 яиц в год курица-несушка выделяет только с яйцами до 400 г кальция, что в 20 раз превышает содержание этого элемента в теле курицы. Недостаток кальция снижает яйцекладку и использование протеинов корма, оплодотворяемость яиц и ухудшает их инкубационные качества. Для того чтобы извлечь из корма нужное количество и обеспечить максимальную яйцекладку, курица должна принять с кормом в 1,5—2 раза кальция больше, чем она выделяет его из организма. Это указывает на то, что в период яйцекладки происходит исключительно интенсивный обмен кальция.

В сыворотке крови кальций содержится в относительно постоянном количестве независимо от того, много или мало его поступает с кормом. Это объясняется тем, что малейшая недостача кальция в крови быстро пополняется за счет поступления его из костного депо. Регуляция кальция во многом зависит от состояния кислотно-щелочного равновесия в организме. При ацидозе кальций вымывается из костей и их известковый состав беднеет. Это установлено путем создания искусственного ацидоза введением в организм избытка хлористого аммония. Избыток кальция усиливает выделение натрия и магния из организма и наоборот.

Гормоны паращитовидной железы усиливают использование кальция из костей и повышают содержание ионизированного кальция в сыворотке крови. При недостаточности функции паращитовидной железы количество кальция в сыворотке крови может снизиться до 6—7 мг% против 9—14 в норме у молодняка птиц.

Ионы кальция играют большую роль в нормальной деятельности центральной и периферической нервной системы, понижая возбудимость нервных процессов, в этом отношении они действуют противоположно ионам калия и натрия. Кальций является антагонистом натрия в его действии на протоплазму клеток: он снижает способность тканевых

коллоидов связывать воду и тем самым уплотняет протоплазму. Кальций участвует в свертывании крови, активизирует некоторые ферменты (например, лецитиназу) и затормаживает активность дипептидазы, принимающей участие в расщеплении белков.

При недостатке кальция у птицы развивается рахит, снижается аппетит, задерживается рост, наблюдается искривление кия грудной кости и ребер, походка становится шаткая, птица приседает на ноги. Скармливание повышенного количества кальция также отрицательно сказывается на обмене веществ.

Ф о с ф о р. Из общего количества фосфора в организме 85% входит в состав костей в виде неорганических кальциевых и магниевых солей. В скелете взрослой курицы массой 2—2,5 кг содержится 40—50 г фосфора. В сыворотке крови неорганический фосфор находится в виде фосфатов. Наряду с этим фосфор входит в различные органические соединения: фосфопротеиды, нуклеопротеиды, липоиды, простые фосфорные эфиры. В мышечной ткани фосфор содержится в виде аденозинтрифосфата, креатинфосфата и других соединений, выполняющих роль своего рода аккумуляторов энергии. Фосфаты играют огромную роль в межклеточном обмене. Количество неорганического фосфора в сыворотке крови поддерживается на относительно постоянном уровне, тогда как количество органического фосфора может значительно изменяться. Соли фосфорной кислоты выполняют роль буферных систем, поддерживающих необходимую реакцию крови.

В кишечнике с помощью фермента фосфатазы фосфорная кислота отщепляется от органических соединений. Образовавшиеся при участии фосфорной кислоты фосфаты легко всасываются. Часть из них вступает в соединение с жирами и углеводами (происходит процесс их фосфорилирования). Таким путем из неорганических фосфатов снова образуются органические соединения — липиды и фосфорные эфиры углеводов. Если в кишечнике содержится относительно большое количество солей кальция, то в нем образуются труднорастворимые фосфорно-кальциевые соли. Вследствие этого большое количество фосфора не всасывается и выделяется с каловыми массами.

Фосфаты выделяются из организма птиц в основном через почки и частично через кишечник. Выделение неорганического фосфора почками зависит от концентрации фосфора в крови, содержания ионизированного кальция, кислотно-щелочного баланса. При щелочной (растительной) пище или при введении в организм щелочей количество фосфора, выделяемого почками, уменьшается, а в каловых массах увеличивается. При кислой пище (жир, белковые масла) увеличивается выделение фосфора с мочой. Чем выше ацидоз в организме, тем больше выделяется с мочой фосфорнокислых солей.

Отложение фосфорно-кальциевых солей связано с наличием в организме витамина D. Повышение функции паращитовидных желез снижает количество неорганического фосфора в крови и усиливает выделение его через почки. Инсулин, повышая углеводный обмен в организме, тем самым повышает расход неорганического фосфора из крови.

С е р а входит в состав белков: в оксигемоглобине ее 0,6%, кератин перьев и роговых образований до 2—3%. Такие растения, как люцерна и крапива, содержат до 2% серы. Принято считать, что в кормах имеется достаточное количество серы для обеспечения суточной потребности организма птиц, поэтому в рационе ее не учитывают. С этим нельзя согласиться, так как сера весьма важный элемент в минеральном питании птиц.

Сера входит в состав некоторых аминокислот: метионина, цистина, цистеина. Они в своей молекуле имеют дисульфидную (SS) и сульфгидрильную (SH) группы. Эти аминокислоты играют важную роль в окислительно-восстановительных процессах. Сера находится в связи с липидами в форме сульфатидов мозговой ткани, с углеводами в виде мукотинсерной кислоты, входит в состав некоторых гормонов (инсулин) и витаминов (тиамин). Наибольшее количество серы содержат ткани, богатые кератином: кости, клюв и особенно перья. Например, у птиц в возрасте 40 дней в сухом пере содержится 500 мг серы, 70 дней — 520—640, 90 дней — 800—1300 мг. Поэтому потребность птицы в сере резко увеличивается в период линьки. Организм цыплят в 10—20%-дневном возрасте более активно усваивает серу, чем цыплята старшего возраста (60—90 дней).

Сера, поступившая в организм с кормом, после обменных процессов выводится из организма с мочой: около 80% в форме неорганических сульфатов, около 10% в соединении с фенолом, скатолом и индолом и 5—10% в виде нейтральной серы, т. е. такой серы, которая в силу каких-либо причин оказалась неокисленной. По количеству нейтральной серы в моче можно до некоторой степени судить о состоянии окислительных процессов и степени распада белков.

М а г н и й входит в состав хлорофилла растений и поступает в организм птиц только с растительной пищей или в виде специально задаваемых добавок. В кишечнике магний, как и кальций, находится в труднорастворимых соединениях. Под воздействием соляной кислоты, выделяемой железистым отделом желудка, магний переводится в ионизированное состояние и путем диффузии проникает через стенки кишок. С током крови он доставляется в печень, а оттуда в кости, мышцы, где и откладывается в недиссоциированном состоянии.

В скелете птицы магния содержится до 70%, в мышцах — 20% от общего количества, имеющегося в теле; остальная его часть находится в межклеточной жидкости, эритроцитах (5,8 мг%), в скорлупе, белке и желтке яйца, в плазме крови (2,4—2,7 мг%) и пр. В тканях птиц магний находится в виде соединений с соляной, угольной и фосфорной кислотами. В теле птиц 10—70-дневного возраста магния содержится в пределах 0,6—1 г, несушек — 0,99—1,1 г на 1 кг массы птицы.

Из организма магний выделяется главным образом через кишечник и только при ацидозе частично выводится с мочой. Кальций усиливает выделение магния, и наоборот, при недостатке его кальций усиленно отлагается в костяке. Снижение количества магния в плазме крови до 1,5 мг% вызывает перевозбуждение нервной системы (возникают мышечные судороги), повышение активности паразитовидных желез.

Цыплята, выращиваемые на рационе без магния, погибают через 6—8 дней, а при недостатке его замедляется рост, появляется мышечная слабость. Недостаток магния в рационе кур снижает их яйценоскость и резко ухудшает выводимость цыплят. Увеличение магния в рационе цыплят в 10—20 раз выше нормы также ведет к задержке роста, ухудшению использования корма и возникновению гибели. При повышенном содержании магния в рационе кур-несушек снижается потребление корма, уменьшается живая масса, толщина скорлупы и масса яиц.

Магний ускоряет процессы окисления, фосфорилирования и ферментации. Он образует в мышцах магниевый белковый комплекс, который обеспечивает сокращение мышц, а также способствует распаду макромолекул аденозинтрифосфорной кислоты в митохондриях с освобождением энергии, идущей для мышечного сокращения. На обмен магния оказывает влияние паразитовидная железа.

Железо содержится в количестве 60—70 мг на 1 кг обезжиренной массы тела птицы. Оно находится в основном в эритроцитах крови в соединении с гемоглобином (60—66%), где имеет большое значение в переносе кислорода из легких к тканям в процессе дыхания. Около 20% железа содержится в мышцах, 5 — в печени, 6 — в скелете, 2 — в селезенке и 2—4% — в других органах (В. И. Георгиевский).

Соединения железа расщепляются в желудке под влиянием пепсина и соляной кислоты. При этом трехвалентное железо переходит в двухвалентное. Последнее хорошо проходит через стенки кишечника. Уровень всасывания железа регулируется в значительной части слизистой оболочкой кишечника.

В том случае, когда содержание железа достаточно, слизистая оболочка препятствует его поступлению и всасывания железа не происходит.

Характерным признаком недостаточности железа является анемия. Но у птиц это явление редкое и наблюдается обычно лишь в эксперименте, так как рацион полностью обеспечивает потребность организма в железе.

Микроэлементы. **Медь** является катализатором присоединения железа в структуре гемоглобина. Она участвует в образовании пигмента пера (миэлина), активизирует ферменты (сульфидоксидазу, тирозиноксидазу) и угнетает действие пепсина, уреазы. В организме медь содержится в мышцах (2—9 мкг/кг), мозге (1—15 мкг/кг), печени (10—30 мкг/кг) и почках (депо), а также в плазме крови, селезенке, сердце, перьях. В теле 14-дневных цыплят содержится 116 мкг меди на 100 г прироста.

В кормах имеется достаточное количество меди для птицы. Медь усваивается из рациона в пределах 60%, а используется организмом только 9—18%.

Недостаток меди в рационе цыплят вызывает анемию, ухудшает пигментацию пера, ослабляет сердечную деятельность.

Кобальт содержится в теле птиц в количестве 50—80 мкг на 1 кг живой массы. Депонируется кобальт главным образом в печени. Всосавшийся кобальт поступает также в слепые кишки, где использу-

ется микрофлорой для синтеза витамина B_{12} . Однако расходуется не весь кобальт, так как 81% его удерживается в слепых кишках в виде биологически неактивных соединений (аденин-кобамид и др.). Выделяется кобальт через почки и желудочно-кишечный тракт.

Кобальт стимулирует кроветворение (эритропоэз), он активизирует некоторые ферменты: аргиназу, костную и кишечную фосфатазу, каталазу и др. Под влиянием кобальта увеличивается синтез мышечных белков, гликолитическая активность крови.

Избытка кобальта в рационах практически не бывает. Токсическая доза его для молодняка птицы 50 мг на 1 кг массы корма.

Ц и н к входит в состав биологически активных веществ. В тканях он содержится в пределах 25—50 мг на 1 кг обезжиренной массы, в отдельных свежих органах и тканях курицы его имеется в пределах 1,7—2,9 мг%. В период яйцекладки потребление цинка возрастает.

Цинк, поступивший из кишечника в кровь, некоторое время задерживается в ней, а затем откладывается в органах и тканях. Наибольшее отложение его наблюдается в костяке, печени, сердце, почках. Всасывается цинк в кишечнике, а выводится из организма с пометом (15—20% от принятой дозы) и мочой (0,2—0,3%).

Цинк оказывает положительное действие на рост цыплят, активизирует ферменты (аминопептидазу, щелочную фосфатазу). Он входит в состав фермента карбогидразы, стабилизирует молекулу инсулина, вырабатываемого клетками поджелудочной железы.

При недостатке цинка нарушается образование костей. Утончаются и укорачиваются трубчатые кости, утолщаются суставы, наблюдается пигментация и ломкость пера, задерживаются рост птицы и яйцекладка.

М а р г а н е ц содержится во всех тканях в различных дозах (всего 0,4—0,5 мг на 1 кг массы птицы). Главным местом отложения марганца являются кости, перо и печень. Относительно большее его количество содержится в печени и костяке. Использование марганца организмом зависит от содержания его в рационе и возраста птицы. Но в целом марганец усваивается плохо (3—6%). Выделяется он через желудочно-кишечный канал с желчью и поджелудочным соком, частично через стенку кишечника с кишечным соком. Марганец участвует в обменных процессах (фосфорилировании), в тканевом дыхании, кроветворении и функции желез внутренней секреции; он активизирует некоторые ферменты (карбоксилазу, карбоксиназу, дипептидазу). Лучшее взаимодействие проявляет марганец в комплексе с витаминами группы В (холин, инозитол и др.). Марганец положительно действует на кроветворение, способствует лучшему использованию жиров и предотвращает их расщепление в печени. В этом отношении он противоположен по своему действию холину.

При недостатке марганца задерживается рост цыплят, нарушается образование кислых мукополисахаридов и их предшественников в хрящах эпифиза костей, что приводит к возникновению заболевания перозисом (скользящее сухожилие), укорачиваются и уменьшаются в массе трубчатые кости, у кур-несушек снижается яйцекладка.

Йод содержится в тканях в пределах 0,3—0,7 мг на 1 кг массы птицы. Основное количество его находится в щитовидной железе. Йод содержится в организме в виде йодидов и органических соединений (гормон щитовидной железы). В крови птиц обнаруживается до 7 мкг% общего йода. В клетках щитовидной железы имеется тиреоглобулин, в который входит йод в количестве до 1%.

Главная роль йода заключается в том, что он является составным компонентом тиреоидных гормонов, которые участвуют в обмене углеводов и минеральных веществ, в регуляции теплообмена, размножения и линьки. При недостатке йода в организме птицы ослабевают функции щитовидной железы, снижается выводимость цыплят.

Йод выделяется из организма через почки и частично с калом (неиспользованный из корма и экскретируемый с желчью, желудочным соком).

Бром в процессах обмена веществ чаще всего сопутствует хлору. Введение солей брома в организм способствует затормаживанию процессов возбуждения нервной системы. При избытке в организме солей брома он выделяется с желудочным соком. Фтор в незначительных количествах входит в состав опорных тканей птиц. Хром. Есть предположения, что он способствует активизированию фермента трипсина. Селен имеет важное значение в процессах обмена у животных и птиц, но повышенное содержание его в кормах рациона кур-несушек снижает выводимость цыплят.

Водный обмен. Вода в организме находится в виде гидратационной (молекулярной) и обменной. Гидратационная вода — это вода, которая входит в структуру молекул различных химических соединений (белков, жиров и др.) и прочно там удерживается; количество ее относительно постоянно, и она малоподвижна. Обменная, или циркулирующая, вода непрочно связана с тканями и клеточными компонентами. Она находится вне клеток: в плазме крови, тканевой жидкости; количество ее может изменяться в определенных пределах в результате перехода в плазму клеток, удаления ее из организма с выдыхаемым воздухом, секретом желез.

Обменная вода является растворителем органических и неорганических соединений в организме. Без воды невозможно передвижение, всасывание и использование питательных веществ корма. Гидролитическое расщепление белков, жиров, углеводов, нуклеопротеидов всегда сопровождается расходом воды. Например, для того чтобы получить из одной молекулы дисахарида две молекулы моносахаридов, необходимо затратить одну молекулу воды. При синтезе сложных органических соединений из более простых, наоборот, образуется и выделяется вода. Так, при соединении двух аминокислот одна из них отщепляет водород (из аминогруппы), другая — гидроксильную группу (ОН); в результате образуется одна частица воды.

В организме большое количество воды образуется эндогенным путем, т. е. в результате окисления белков, углеводов и особенно жиров, которые содержат в своем составе много водорода и относительно мало кислорода. У некоторых птиц (обитателей пустынь)

использование эндогенной воды имеет исключительно важное значение для их существования. При окислении 100 г жира в организме образуется 107 мл воды, 100 г углеводов — 55 мл воды, 100 г белка — 41 мл воды. При обычном смешанном рационе на 100 калорий корма образуется 14—15 мл воды. Усвоение в организме каждого грамма углеводов или белков задерживает 3 г воды. Отложение жира в организме не вызывает задержки воды. Отложение в клетках 1 г гликогена требует 4 г воды.

В зависимости от возраста птиц количество воды в их организме различное. В теле эмбриона содержится в первые дни до 98% воды, а в конце инкубации — 79—80%, у молодняка раннего возраста — 70—75%, в теле взрослой птицы — 60—65%. Процентное содержание воды в разных органах и тканях также различно. Наибольшей способностью удерживать воду в своем составе обладают мышцы и рыхлая соединительная ткань.

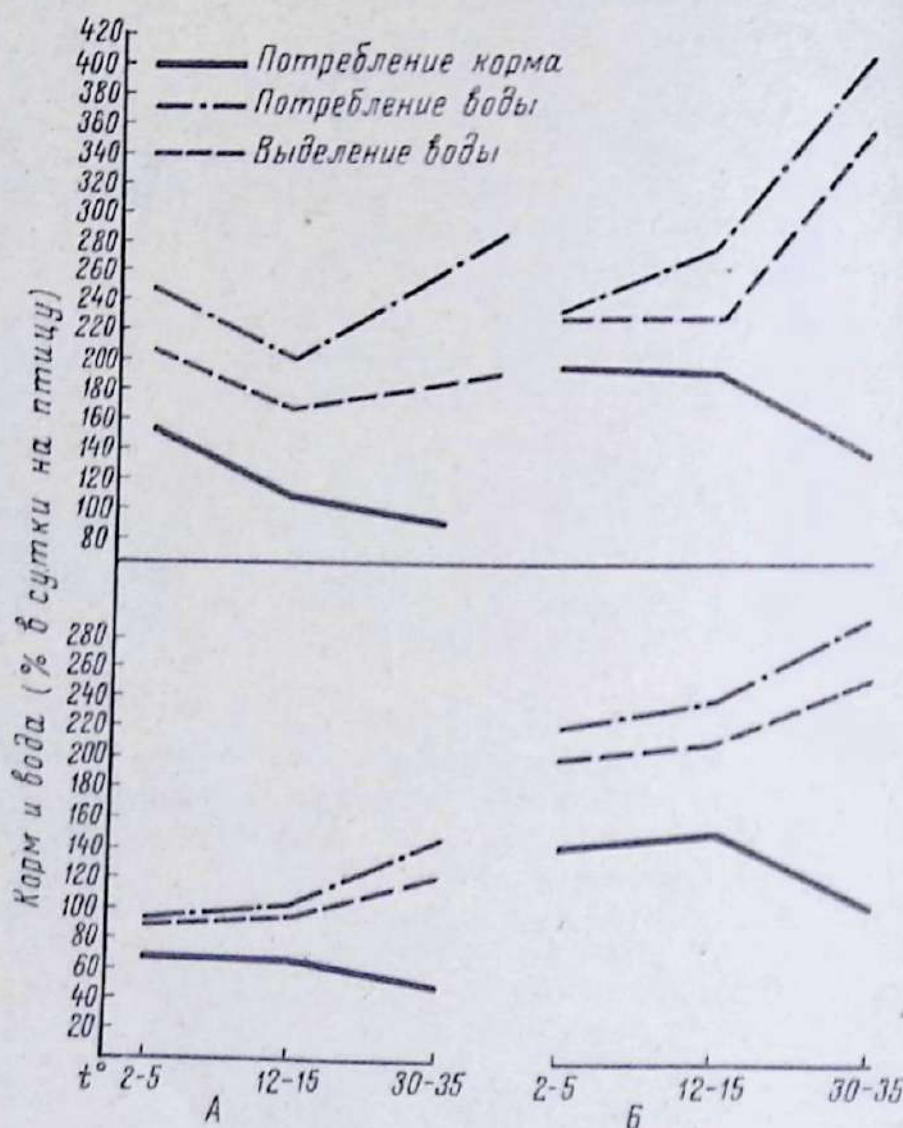


Рис. 80. Потребление корма и воды и выделение воды (в г) в зависимости от температуры в птичнике:

вверху — плимутрок белый, линия 50; внизу — белый леггорн, линия 18; А — 80—120-дневные цыплята; Б — куры (В. М. Селянский, 1965).

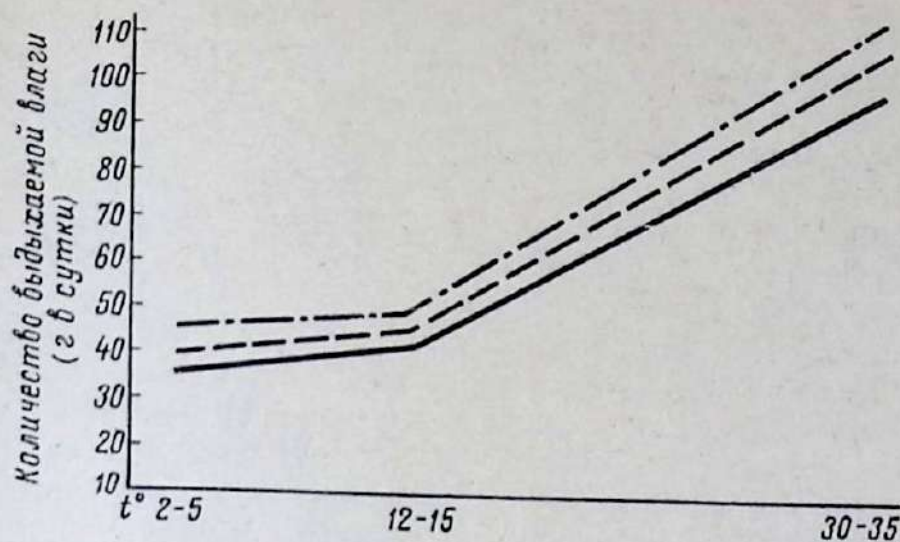


Рис. 81. Изменение показателей выделяемой влаги у кур различных пород в зависимости от температуры в птичнике (В. М. Селянский, 1963—1970).

В организме кур ежедневно обменивается до 20% воды, у петушков — 10%. По имеющимся данным, домашняя птица без корма может жить 12 дней и более; без воды смерть кур наступает на 3—4-е, гусей — на 4—5-е сутки. Двухнедельные цыплята живут без воды 5—7 суток.

Вода имеет большое значение в терморегуляции организма. Выделяя воду с выдыхаемым воздухом и пометом, организм тем самым отдает часть тепла.

Птица выделяет из организма с пометом 70—50%, с выдыхаемым воздухом 30—50% воды от общего количества выделяемой влаги; только 5—10% количества принятой воды удерживается в организме. Потребление воды зависит от вида, возраста, живой массы и пола

Табл. 13. Суточный баланс воды в организме птиц при температуре воздуха 12—15°C и относительной влажности 60—70% (по В. М. Селянскому, 1970)

Возраст	Порода	Принято воды с кормом и из поилок, мл	Выделено воды из организма					Выделено воды из организма (всего), мл	Удержано воды в организме, мл
			с пометом		с выдыхаемым воздухом		с яйцом		
			мл	% к принятой воде	мл	% к принятой воде	мл		
Куры-несушки	Белый леггорн	242	135	60	40	19	29	210	32
	» плимутрок	268	154	57	49	18	17	221	47
Молодняк в возрасте 80—120 дней	» леггорн	99	63	62,9	33	33	—	96	3
	» плимутрок	200	120	60	44	22	—	164	36

птицы, а также от влажности и количества потребляемого корма, от температуры и влажности окружающего воздуха (табл. 13, рис. 80).

Установлена определенная закономерность потребления воды птицей в зависимости от количества принятого корма. В частности, цыплята в возрасте 1—20 дней выпивают воды по отношению к количеству принятого корма как 1,1:1, в возрасте 21—65 дней — 1,5:1, в возрасте 65—150 дней — 1,7:1; взрослые куры — 1,9:1. С повышением температуры воздуха до 35°C потребление воды резко увеличивается. Например, в условиях жаркого и сухого климата при температуре воздуха 35°C и относительной влажности воздуха 30—40% потребление воды возрастает у кур яйценоских пород на 50—70, мясных пород на 75—85%. В связи с этим повышается выделение влаги с выдыхаемым воздухом в 1,5—2,5 раза (рис. 81). Всосавшаяся из кишечника вода поступает в общий кровоток, оттуда в тканевую жидкость, отчего их объем несколько увеличивается, а концентрация солевого раствора и осмотическое давление понижаются. В силу различного осмотического давления вода переходит из среды с меньшей концентрацией в среду с большей концентрацией, т. е. из крови в тканевую жидкость, а из последней в плазму клеток. Это происходит до тех пор, пока осмотическое давление в плазме клеток и межклеточном пространстве не будет выравнено. С повышением концентрации солевого раствора в межклеточной жидкости вода может поступать обратно, т. е. из плазмы клеток в тканевую жидкость, таким путем происходит внутриклеточный обмен воды.

В норме в организме должно быть водное равновесие, т. е. количество принятой воды должно быть равно количеству выделенной с пометом, выдыхаемым воздухом и удержанной тканями. Потеря воды происходит в этом случае главным образом за счет уменьшения внеклеточной жидкости. С уменьшением ее количества повышаются концентрация солей и осмотическое давление межклеточной жидкости, что, в свою очередь, усиливает выход воды из клеток; уменьшение количества воды в клетках замедляет обменные процессы. Прием воды сразу же восстанавливает равновесие концентрации солей в межклеточной жидкости и клетках.

Уменьшение в организме воды на 5—6% вызывает водное голодание, сгущение крови, повышение ее вязкости, что ухудшает кровообращение, и как следствие возникает расстройство функции центральной нервной системы. Потеря 18% воды от общего ее количества в организме приводит к гибели птицы.

Следует отметить, что химически чистой воды в организме нет, так как при отсутствии в ней каких-либо солей она является ядом для клеток; такая вода быстро отнимает соли из состава клеток и тем самым разрушает их.

Водный обмен в организме регулируется через нервную систему и кровь (нейрогуморально). Уменьшение или увеличение воды в органах и тканях возбуждает центры вегетативной нервной системы, что соответственно изменяет пищевые реакции птицы. Возбуждение симпатической нервной системы вызывает сужение сосудов

кожи и перераспределение крови в организме. При этом повышается частота дыхания, увеличивается вентиляция легких и воздухоносных мешков, а в связи с этим увеличивается испарение влаги органами дыхания и выделение влаги с выдыхаемым воздухом. На водно-солевой обмен оказывают влияние гормоны задней доли гипофиза, щитовидной железы и надпочечников.

Витамины — вещества, содержащиеся в кормах в незначительном количестве, но играющие важную роль в жизнедеятельности организмов. Витамины входят в состав ферментов и, таким образом, оказывают действие на обмен веществ в организме, влияют на его физиологические функции.

Известно 25 витаминов. Многие из них получают синтетическим путем. Выделено несколько веществ, химический состав которых еще недостаточно изучен, но по своему действию они близки к витаминам.

В жирах и воде витамины растворяются различно. Поэтому их разделяют на две группы: растворимые в жирах и растворимые в воде.

Витамины, растворимые в жирах: ретинол (витамин А), кальциферол (витамин D), токоферол (витамин E), фихлохинон (витамин K), незаменимые жирные кислоты (витамин F).

Витамины группы В, растворимые в воде: тиамин (витамин B₁), рибофлавин (витамин B₂), пантотеновая кислота (витамин B₃), цианкобаламин (витамин B₁₂), пиридоксин (витамин B₆), пангамовая кислота (витамин B₁₅), фолиевая кислота (витамин B₉), биотин (витамин H), холин, инозит, парааминобензойная кислота (витамин ПАБК), никотиновая кислота (витамин PP).

Витамины, растворимые в воде, не входящие в группу В: цитрин (витамин P), аскорбиновая кислота (витамин C).

По мере выявления новых витаминов их относят к той или другой группе, в зависимости от того, насколько они близки к ней по своему составу, растворимости в воде или наличию в их молекуле азота. Так, к группе витамина В отнесены недавно выявленные витамины B₅, B₁₀, B₁₁ и B₁₃; к группе витамина К—K₁, K₂ и K₃; к группе витамина А—A₁ и A₂; к группе витамина Е—E₁ и E₂.

Ретинол (витамин А) представляет собой светло-желтые игольчатые кристаллы. Он термостойкий, но быстро разрушается при действии света. Витамин А образуется в печени и кишечнике птиц из растительного желтого пигмента каротина (провитамина А), который поступает в процессе переваривания растительных кормов.

В организме кур, жире, яичном желтке откладывается так называемый криптоксантин — своеобразный каротин, который близок по своей биологической активности к каротину растений, но имеет в своем составе гидроксильную группу (ОН).

Ретинол входит в состав зрительного пурпура сетчатки глаза и принимает участие в обмене веществ. Недостаток его в кормах приводит к заболеванию птиц. Возникают сухость и помутнение роговой оболочки с последующим гнойным распадом ее. Развивается так называемая куриная слепота. Появляются расстройства функций

носоглотки, трахей, бронхов, пищевода, желудка, кишечника, мочеполовой системы и желез внутренней секреции. При А-авитаминозах нарушается деятельность нервной системы. Рост и развитие молодняка птиц задерживаются. Птица худеет и нередко гибнет. У кур-несушек при недостатке ретинола снижается яйценоскость, оплодотворяемость яиц и выводимость из них цыплят.

Кальциферол (витамин D) представляет группу антирахитических витаминов D_2 , D_3 , D_4 и D_5 , которые образуются из стерина и обладают различной активностью. Наиболее активные из них витамины D_2 и D_3 .

В и т а м и н D_2 образуется при воздействии ультрафиолетовых лучей на эргостерин, содержащийся в дрожжах или растениях. Витамин поступает с кормом и всасывается в кишечнике. При температуре выше 125°C разрушается. При избыточном облучении кормов, содержащих эргостерин, могут образовываться побочные продукты, которые являются вредными для организма.

В и т а м и н D_3 в чистом виде — кристаллический препарат, образуется при воздействии ультрафиолетовых лучей на стерин животного происхождения, который находится в составе жироподобных веществ кожи, а у птиц, кроме того, в составе жирового секрета копчиковой железы. Активность витамина D_3 для птицы в 30 раз выше активности витамина D_2 .

Физиологическое действие кальциферола заключается в том, что он усиливает абсорбцию кальция в кишечнике, способствует удержанию фосфора и кальция в организме и откладыванию их в костной ткани. При недостатке кальциферола развивается рахит.

Токоферол (витамин E) — витамин размножения. Он встречается главным образом в растениях и в очень небольших количествах в животных тканях. В 1936 г. были выделены и получены синтетическим путем три близких между собой вещества: α -, β - и γ -токоферолы. α -токоферол представляет собой масляную жидкость, растворимую в спирте и эфире, выделен был из масла зародышей пшеницы. Он устойчив к нагреванию до 170°C , разрушается ультрафиолетовыми лучами.

На усвоение токоферола оказывают положительное влияние соли желчи.

Недостача токоферола в рационе птицы вызывает у петухов поражение семен и канальцев семенников, атрофию половых желез; вторичные половые признаки при этом не появляются. В яйцах кур, находящихся на рационе с недостатком токоферола, зародыш развивается, но вокруг него образуется кольцо из разрастающихся клеток мезодермы, которые нарушают анастомозы между желточными артериями и венами, вследствие чего могут наступить застой крови и гибель эмбриона. В постэмбриональный период у цыплят может проявляться авитаминоз в виде поражения нервной системы и нарушения координации движений.

Филохинон (витамин K) — антигеморрагический витамин, т. е. способствующий свертыванию крови, является производным нафтохино-

на. Витамин получен в чистом виде из люцерны в виде желтого масла; неустойчив к свету, растворим в жире, эфире. Витамин, выделенный из люцерны, назван витамином K_1 , или α -филохиноном, из рыбной муки — витамином K_2 . Синтетическим путем получен витамин K_3 , обладающий наибольшей антигеморрагической активностью.

В кишечнике находится большое количество бактерий, которые участвуют в синтезе филохинона. Практически организм обеспечивается им за счет обычных рационов (без специальных добавок).

При отсутствии филохинона возникает кровоточивость, нарушается образование протромбина, необходимого для свертывания крови.

Незаменимые жирные кислоты (витамин F) — комплекс полиненасыщенных жирных кислот: линолевой, линоленовой и архидоновой. В чистом виде эти бесцветные масла. Находятся они в растительных и отчасти в животных жирах, участвуют в процессах клеточного обмена, регулируют содержание холестерина в крови и отложение его в стенках сосудов.

Тиамин (витамин B_1). Экспериментально установлено, что в его составе имеются сера и аминогруппа. Витамин получен синтетическим путем.

Тиамин играет большую роль в углеводном, аминокислотно-фосфорном и жировом обмене. При отсутствии его в корме развивается авитаминоз, известный под названием полиневрита. Болезнь характеризуется тем, что теряется аппетит, прекращается рост, нарушаются процессы пищеварения, сердечная деятельность, появляются параличи ног и шейной мускулатуры (запрокидывание головы назад). При B_1 -авитаминозе нарушается образование ацетилхолина в нервной системе и ферментов (карбоксилазы и дегидразы), участвующих в расщеплении пировиноградной кислоты. Последняя накапливается в превышающих норму количествах и токсически действует на центральную нервную систему, вызывая специфические параличи (полиневрит).

Добавка в рацион сухих дрожжей, зелени, проросшего зерна, травяной муки предохраняет птицу от заболевания B_1 -авитаминозом.

Рибофлавин (витамин B_2) впервые выделен из молочной сыворотки в 1933 г. В чистом виде он представляет собой желтые кристаллы с температурой плавления 282°C , горькие на вкус. Витамин устойчив к щелочам, разрушается на свету.

При недостатке у кур-несушек рибофлавина снижается выводимость цыплят, задерживается развитие эмбрионов, повышается смертность зародышей в середине и в конце инкубации. Недостаток его в рационе цыплят не только задерживает их рост, но и вызывает выпадение перьев, нарушает координацию движений.

Рибофлавин обладает антианемичным свойством, повышает устойчивость организма к инфекционным заболеваниям, способствует регенерации крови, активизирует ферменты, расщепляющие белки. В естественных кормах рибофлавин находится в соединении с фосфорной кислотой и белками.

В организме рибофлавин накапливается в печени, почках; небольшое количество его находится в крови.

Пантотеновая кислота (витамин B_3) (от греческого панто — повсюду) содержится в натуральных растительных и животных кормах, получена из экстракта печени. Пантотеновая кислота входит в состав некоторых ферментов. Она влияет на обмен белков и аминокислот. Имеются данные об участии ее в регуляции обмена жиров. Отсутствие пантотеновой кислоты в кормах птицы вызывает гепатит (воспаление печени), воспаление спинного мозга и другие заболевания.

Пиридоксин, адермин (витамин B_6) — это группа веществ, состоящая из пиридоксина, пиридоксала и пиридоксимины. Они обладают многими общими свойствами: выдерживают температуру до 125°C , устойчивы к кислой и щелочной средам, но быстро разрушаются при освещении. В чистом виде витамин представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде и спирте.

При отсутствии пиридоксина в организме птиц нарушается обмен белков и жиров.

Цианкобаламин (витамин B_{12}) выделен из печени в кристаллическом виде, содержит в своем составе кобальт, имеет красный цвет.

Витамин играет активную роль в кроветворении. При его недостатке в организме задерживается рост цыплят, снижается яйценоскость кур. Зародыши из яиц кур-несушек, не получавших в достаточном количестве цианкобаламина, погибают на 17-й день инкубации при явлениях общей отека и атрофии мышц ног. У взрослых кур авитаминоз проявляется снижением количества гемоглобина в крови, возникновением анемии и расстройством функции нервной системы.

Витамины B_{10} и B_{11} содержатся в печени. Витамин B_{11} стимулирует рост взрослой птицы.

Витамин B_{13} содержится в дрожжах, стимулирует рост цыплят.

Пангамовая кислота (витамин B_{15}) представляет собой бесцветные кристаллы горького вкуса, растворимые в воде. Витамин имеет большое значение в обмене веществ как поставщик метильных групп, так как в своем составе имеет 8 метильных групп (CH_3).

Цитрин (витамин P) (от венгерского паприка — красный стручковый перец, из которого он впервые выделен). Чистый препарат — кристаллический, относится к желтым и оранжевым растительным пигментам. По химическому составу является смесью трех глюкозидов, которые могут превращаться один в другой. Витамин повышает проницаемость стенок сосудистых капилляров.

Аскорбиновая кислота (витамин C) — противощиготный витамин. Это кристаллическое вещество, растворяющееся в воде и спирте. При недостатке витамина поражаются стенки кровеносных сосудов и кости. Аскорбиновая кислота оказывает большое влияние на дыхание и окислительные процессы, происходящие в клетках, а также принимает участие в синтезе стероидных гормонов. В организме птиц витамин может синтезироваться из сахаров. Однако биосинтез витамина недостаточен для удовлетворения потребности в нем птицы. Поэтому следует обращать внимание на поступление аскорбиновой кислоты с кормами. При скармливании кормов, богатых аскорбиновой кислотой, улучшается рост птиц.

Холин в чистом виде — бесцветное вещество с резко выраженной щелочной реакцией, он входит в состав фосфолипидов. Из него синтезируется ацетилхолин, который имеет большое значение в процессах передачи нервного возбуждения с нерва на мышечные волокна. Отдавая метильные группы, холин участвует в образовании некоторых аминокислот. Холин необходим для повышения яйценоскости и выводимости цыплят. Недостаток витамина в рационе птиц вызывает ожирение и перерождение печени, снижает синтез углеводов в ней. Недостаток холина, марганца и никотиновой кислоты обуславливает у цыплят заболевание пероз (скользящее сухожилие).

Инозит в чистом виде выделен из печени. Это кристаллическое вещество, хорошо растворяющееся в воде. В растениях содержится в виде кальциево-магниево-соли. Влияние инозита на обмен веществ у птиц изучено мало. Отсутствие инозита вызывает задержку роста организма и выпадение пера.

Никотиновая кислота (витамин РР) — антипеллагрический витамин. Как кислота известна около ста лет, а как витамин — с 1904 г. Никотиновая кислота — кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде; при кипячении и нагревании биологической активности не теряет.

При отсутствии никотиновой кислоты в рационе цыплят и индюшат наблюдается резкое отставание их в росте и возникает заболевание, похожее на пеллагру: поражаются кожа, слизистая оболочка рта и пищеварительного тракта. Недостаток никотиновой кислоты в корме кур-несушек сказывается на выводимости цыплят. В яйце кур содержится в среднем 31—32 мкг никотиновой кислоты. В период инкубации содержание ее в куриных яйцах увеличивается до 1080 мкг, в яйцах индеек еще больше, так как происходит ее синтез в тканях эмбриона из аминокислот триптофана. Поэтому при составлении рациона следует учитывать наличие в кормах не только кислоты, но и триптофана.

Биотин (витамин Н) широко распространен в природе. Он нейтрализует в организме токсическое действие белка, у цыплят предупреждает дерматиты. Недостаток биотина в рационе несушек повышает смертность эмбрионов. Биотин синтезируется в кишечнике.

Парааминобензойная кислота (ПАБК) получена синтетическим путем из дрожжей. Это бесцветное кристаллическое вещество, под влиянием света и воздуха приобретает желтый оттенок. Она хорошо растворяется в спирте, хуже — в воде. Отсутствие витамина в кормах приводит к исчезновению пигмента из перьев и кожи. Витамин содержится во всех тканях, в том числе и в коже. Под действием солнечных лучей находящаяся в коже парааминобензойная кислота превращается в вещество, которое способствует пигментации кожи при загаре. ПАБК улучшает рост цыплят, дрожжевых грибов и некоторых бактерий.

Фолиевая кислота (витамин В_с) (от латинского *folium* — лист) в большом количестве содержится в зеленых растениях, печени. Она стимулирует рост бактерий и синтезируется ими. Относится к группе кроветворных витаминов. Фолиевая кислота улучшает деятельность

эндокринной системы, повышает активность органов размножения. Недостаток ее в рационе кур-несушек снижает выводимость цыплят, а у взрослой птицы приводит к нарушениям обменных процессов.

ОБМЕН ЭНЕРГИИ

Обмен веществ и обмен энергии — процессы, неотделимые один от другого. Питательные вещества, поступающие в организм, окисляются и распадаются на более простые компоненты, а содержащаяся в них энергия освобождается и используется организмом.

Энергия не зарождается и не исчезает, она только видоизменяется. Потенциальная энергия сложных химических соединений при их распаде освобождается и переходит в тепловую, механическую и электрическую.

В процессе сокращения мышц совершается механическая работа, но образующаяся при этом энергия передается в окружающую среду в виде тепловой энергии. Вся энергия, освобождаемая организмом, в конечном результате выделяется во внешнюю среду в виде тепла, и только незначительная ее часть идет на синтез веществ и задерживается в организме в виде запаса гликогена и молочной кислоты. Количество тепла, выделенное из организма, соответствует тому количеству энергии, которое образуется в организме.

Тепловая энергия измеряется джоулями ($4,1868 \text{ кДж} = 1 \text{ ккал}$). $4,1868 \text{ кДж}$ соответствуют 427 кгм механической работы (механический эквивалент теплоты). Для определения количества выделяемого тепла существуют методы прямой и непрямой калориметрии.

Прямая калориметрия позволяет учитывать отдаваемое тепло непосредственно с помощью прибора калориметра. Этот метод используется для определения энергии, заключенной в кормах и экскретах, а также для определения тепла, выделяемого организмом. Чтобы установить количество энергии в кормах, пробу исследуемого корма сжигают в калориметрической бомбе Бертло. При сжигании 1 г белка образуется $22,62 \text{ кДж}$ ($5,4 \text{ ккал}$) тепла; это больше, чем получается тепла при окислении того же количества белка в организме. Дело в том, что в организме птиц при окислении белков образуется мочевая кислота, которая содержит в себе недоиспользованную энергию в количестве $5,4—5,8 \text{ кДж}$ на 1 г белка. Поэтому при определении физиологической теплотворной способности белков из $22,62 \text{ кДж}$ ($5,4 \text{ ккал}$) вычитают энергию мочевой кислоты — $5,4—5,9 \text{ кДж}$ ($1,3—1,4 \text{ ккал}$). Таким образом, теплотворная способность белков при окислении их в организме птиц равна $17,17—16,76 \text{ кДж}$ ($4,1—4 \text{ ккал}$).

Определена теплотворная способность следующих питательных веществ (1 г вещества): глюкозы $15,71 \text{ кДж}$ ($3,75 \text{ ккал}$), сахарозы $16,76$ (4), крахмала $17,17$ ($4,1$), жира свиного $39,8$ ($9,5$), жира растительного $38,96$ ($9,3$), казеина $23,88$ ($5,7$), яичного белка $23,88$ ($5,7$), белка мышц $23,88 \text{ кДж}$ ($5,7 \text{ ккал}$). Принято считать, что, окисляясь в организме, 1 г углеводов в среднем дает $17,17 \text{ кДж}$ ($4,1 \text{ ккал}$), белка — $17,17 \text{ кДж}$ ($4,1 \text{ ккал}$), жира — $38,96 \text{ кДж}$ ($9,3 \text{ ккал}$).

Зная количество веществ, принятых с кормом и выделенных с

пометом, можно установить баланс энергии по теплотворной способности отдельных веществ. Для этого в специальных балансовых опытах в исследуемый период точно учитывают общее количество принятого птицей корма, по данным химического анализа устанавливают количество принятых белков, жиров, углеводов и умножают показатели на соответствующий тепловой коэффициент. Таким путем определяют общую, так называемую валовую энергию питательных веществ принятого корма. По количеству и химическому составу выделенного помета определяют общее количество энергии, заключенной в нем и выделенной из организма. Вычитая из валовой энергии принятого корма количество энергии, выделенной с пометом, устанавливают количество физиологической, или обменной, энергии, которое используется в организме. Эта величина меняется в зависимости от вида, возраста, продуктивности и физиологического состояния птицы, соотношения отдельных компонентов кормовой смеси, температуры и влажности воздуха.

В зависимости от уровня продуктивности птицы в 100 г кормосмеси для кур-несушек должно быть 1215—1424 кДж (290—340 ккал), для выращиваемых цыплят на мясо — 1173—1298 (280—310), для утят — 1089 кДж (260 ккал). В среднем физиологически полезная энергия составляет 70% от количества общей энергии в кормах.

Зная химический состав корма, можно подсчитать общее количество энергии по формуле:

$$B = [C - (Ж + 3)] \cdot 4,1 + Ж \cdot 9,3,$$

где B — общая калорийность корма (валовая энергия), кДж; C — количество сухого остатка корма, г; $Ж$ — количество жира, г; 3 — количество золы, г.

Тепло, выделяемое из организма, определяют методом прямой калориметрии следующим образом. Птицу помещают в специальный калориметр, представляющий собой двухстенную камеру. С помощью термоэлементов, размещенных в различных точках калориметра, измеряют общее количество тепла, выделяемого птицей; термоэлементы воспринимают выделяемое тепло и передают показатели на шкалу регистрирующего прибора.

Метод не прямой калориметрии состоит в том, что количество выделяемой энергии определяют по величине потребленного кислорода и выделенного углекислого газа за определенный промежуток времени. Зная дыхательный коэффициент и калорический коэффициент, можно судить о том, какое количество питательных веществ распадалось в организме и, следовательно, сколько высвободилось энергии. Количество тепла (в ккал), образующегося в результате потребления 1 л кислорода или выделения 1 л углекислоты, называется коэффициентом теплообразования.

Коэффициент теплообразования, или калорический коэффициент, зависит от того, какие вещества окисляются в организме.

Дыхательный (респирационный) коэффициент (ДК) выражается отношением объема выделенной углекислоты к объему поглощенного кислорода в единицу времени:

$$ДК = \frac{CO_2}{O_2}.$$

Если в организме распадаются одни углеводы, то потребляется кислорода столько, сколько выделяется углекислого газа. Дыхательный коэффициент для углеводов равен 1. Если при этом используются жиры, ДК будет иметь другое значение. Поскольку молекула жира содержит в себе мало кислорода, то весь водород и углерод ее окисляются главным образом за счет кислорода, поступающего извне. При окислении жиров потребляется больше кислорода и дыхательный коэффициент будет меньше единицы (0,7).

При окислении смешанных протеинов дыхательный коэффициент у птиц равен 0,75, при окислении чистых белков — 0,8. Во время голодания птицы, а также у суточных цыплят дыхательный коэффициент может быть равен 0,59—0,6. В период так называемого сального откорма гусей, когда происходит интенсивное превращение углеводов в жир, часть кислорода углеводов используется на процесс окисления и его меньше поглощается из воздуха. В этом случае дыхательный коэффициент составляет 1,5—2.

Зная, что дыхательный коэффициент при окислении углеводов равен 1, а при окислении жиров — 0,7, можно, пользуясь специальной таблицей, рассчитать, какое количество и какие вещества окисляются и сколько освобождается энергии при определенном дыхательном коэффициенте.

Методом непрямой калориметрии определяют количество энергии, освобождаемой при окислении жиров и углеводов, а не белков. Но это не вносит ошибки, так как поступившие в организм после приема корма аминокислоты быстро используются как пластический материал, а неиспользованные в конечном счете превращаются в углеводы (А. В. Лебединский).

Для изучения газообмена, т. е. для определения количества потребляемого кислорода и выделяемого углекислого газа, применяют респирационные маски или респирационные камеры.

Количество выделяемой углекислоты и потребляемого кислорода и теплопродукции на 1 кг/ч зависит от вида, возраста, продуктивности, уровня кормления птицы, а также от температуры, влажности и качественного состава воздуха. При прочих равных условиях теплопродукция на 1 кг живой массы в час будет зависеть главным образом от количества принятого корма и его энергетической характеристики (табл. 14).

Чем выше уровень питания, т. е. чем больше птица принимает питательных веществ, тем больше образуется общего и свободного тепла в организме. Активные движения птицы повышают уровень обменных процессов и выделение тепла на 50—100%, линька (в зависимости от интенсивности) — на 30—100%. В ночное время уровень теплообмена снижается на 15—40%. С возрастом птицы и повышением живой массы теплопродукция на 1 кг живой массы в час снижается. Наиболее интенсивный обмен веществ и выделение тепла наблюдаются у мо-

Табл. 14. Количество тепла, выделяемого птицей на 1 кг ее массы в час при уровне питания, обеспечивающем максимальную продуктивность (по В. М. Селянскому)

Вид, возраст птиц	Живая масса, кг	Свободное тепло*			
		при относительном покое (без движения)		при активном движении	
		ккал	кДж	ккал	кДж
Куры, яйценоскость 50%	1,9	3,4	14,24	5,8	24,3
» » 70%	1,8	4,5	18,85	6,7	28,1
Индейки	6	3,7	15,15	6	25,14
Утки	3,5	2,9	12,15	4,8	20,11
Гуси	6	2,4	10,05	4	16,76
Цыплята яйценоских пород:					
1—10 дней	0,07	7,3	30,58	9,4	39,38
11—30 »	0,3	5,2	21,78	8,0	33,52
31—60 »	0,6	4,4	18,43	7,4	31,0
Утята:					
1—10 дней	0,3	10	41,9	14,0	58,66
11—55 »	2,2	3,8	15,92	6,4	26,81
Гусята:					
1—10 дней	0,45	8	33,52	13,4	56,14
11—70 »	4	3,0	12,57	3,8	15,92
Индюшата:					
1—30 дней	0,4	5,0	20,95	8,0	33,52
31—70 »	0,5	4,7	19,69	7	29,33

* Общее тепло, за исключением тепла, выделяемого с выдыхаемой влагой.

лодняка всех видов птиц в первые 10—20 дней постэмбрионального развития (после вылупления из яйца). У утят и гусят в этот возрастной период теплообмен выше, чем у цыплят.

С повышением температуры окружающего воздуха общее количество тепла в организме возрастает, в результате этого рефлекторно учащается дыхание и увеличивается выделение тепла с выдыхаемой влагой. Но при температуре воздуха 35—40°C отдача тепла организмом ухудшается, поэтому возможен перегрев организма. С понижением температуры окружающего воздуха расход тепла на самогревание организма увеличивается.

Теплообмен. Тепло из организма выделяется следующими путями:

теплопроводением, т. е. путем отдачи тепла от более нагретого тела к менее нагретому (подстилка, клетка, гнездо, насесты и окружающий воздух); количество тепла, передаваемого этим путем, зависит от разности температур организма и тех предметов, с которыми птица соприкасается, от их теплопроводности, а также от величины конвекции, т. е. от скорости удаления тепла в результате перемещения потоков воздуха снизу вверх вокруг тела птицы;

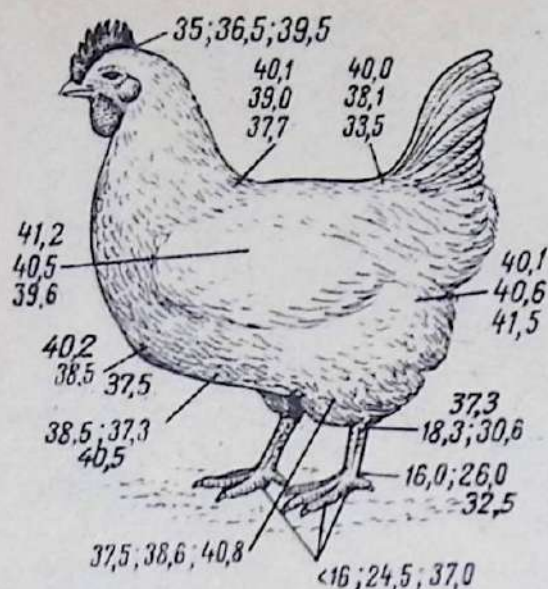


Рис. 82. Температура тела и кожи в различных точках измерения у кур породы белый леггорн при различной температуре (2—5, 12—15, 30—35° C) воздуха в птичнике (В. М. Селянский).

теплоизлучением, или радиацией, т. е. путем излучения тепла в виде лучистой энергии (инфракрасных лучей) с поверхности тела при определенной температуре;

испарением влаги с поверхности органов дыхания.

Теплоотдача теплоизлучением и теплопроводением составляет 67—87% от всей теплоотдачи. В связи с тем что у птиц нет потовых желез, особое значение приобретает теплоотдача через органы дыхания. Тепло в этих органах расходуется на согревание вдыхаемого воздуха, насыщение его в легких водяными парами, образование угольной кислоты, испарение воды с поверхности слизистой оболочки верхних дыхательных путей. При переходе воды из жидкого состояния в парооб-

разное поверхность, с которой происходит испарение, теряет определенное количество тепла. Испарение 1 г воды в органах дыхания отнимает 0,587 ккал. В зависимости от температуры и влажности окружающего воздуха теплоотдача за счет испарения с поверхности органов дыхания может составлять 15—50% от всего количества тепла, образующегося в организме. Часть тепла (около 1,6% от общего) затрачивается на подогревание принятого корма и воды, незначительное его количество (около 0,5%) удаляется с мочой и каловыми массами.

Количество тепла, образующегося в организме, должно быть равно количеству тепла, расходуемого в единицу времени. Если отдача тепла организмом больше, чем его поступление, то температура тела понижается, и наоборот, меньший расход тепла в сравнении с тем, которое образуется в организме, вызывает повышение температуры тела.

У молодняка раннего возраста (до 20 дней) температура тела на 0,5—1° ниже по сравнению с температурой тела взрослой птицы.

Наиболее высокая температура отмечается в прямой кишке и под крылом (в подкрыловой впадине) (табл. 15, рис. 82).

Температура кожи в области желудка также высокая (39,5—40°). Это объясняется тем, что мышечный отдел желудка совершает большую механическую работу. Наиболее низкая температура в области головы (36—37°) и плюсны (20—25°). Измерять температуру у птиц можно не в прямой кишке, а под крылом, используя для этого электротермометр.

Температура тела в течение суток непостоянна, она в значительной степени зависит от температуры и влажности воздуха. Днем, когда

Табл. 15. Температура тела птиц (°C)

Вид птицы	В прямой кишке	Под крылом
Курица	40,5—42	40,3—41,5
Гусь	40,5—41,5	40,2—41,2
Утка	40,8—41	40,5—40,8
Индейка	40,5—41	40,2—40,7

птица больше находится в движении, температура тела выше на $0,2—0,4^{\circ}$, а ночью ниже на $0,4—0,5^{\circ}$ в сравнении с нормой. Оптимальный температурно-влажностный режим — это определенные условия, когда лучше всего проявляются функции организма, а следовательно, и продуктивность птицы. Для каждого вида птиц характерен свой оптимальный температурно-влажностный режим. Для кур в большинстве зон страны оптимальная температура воздуха $12—16^{\circ}$, влажность $60—70\%$; в условиях жаркого и сухого климата соответственно $25—28^{\circ}$ и $40—50\%$.

Повышение, а также понижение температуры воздуха отрицательно влияют на организм птицы (рис. 83). Отрицательное действие высоких температур особенно сильно проявляется при высокой влажности воздуха ($60—80\%$). Понижение температуры на каждый градус от оптимальной повышает потребление корма на $0,25$ кормовой единицы, яйценоскость при этом снижается на $2—3\%$ (рис. 84). Однако при температуре ниже 2° при клеточном содержании потребление корма курами снижается в силу ответных рефлекторных реакций организма на понижение температуры. У кур наступает состояние малой активности, они взъерошены, малоподвижны и неохотно подходят к корму, а тем более к воде.

Следовательно, для того чтобы обеспечить максимальное проявление всех функций организма, необходимо не только хорошо кормить птиц, но и выдерживать оптимальный температурно-влажностный режим.

Терморегуляция. У птиц относительно постоянная температура тела, которая достигается химической и физической терморегуляцией.

Химическая терморегуляция — это регуляция тепла за счет изменения интенсивности обмена веществ и образования тепла в организме. При снижении температуры окружающего воздуха раздражаются терморецепторы кожи, возникающее возбуждение передается в центр терморегуляции. В ответ на это рефлекторно повышается уровень обмена веществ. Интенсивность окислительных процессов при этом возрастает, и выделение тепла увеличивается. При повышении температуры окружающего воздуха наблюдается обратное действие: снижается уровень обмена веществ и тем самым частично уменьшается образование тепла в организме. Химическая терморегуляция зависит также от функций щитовидной железы и надпочечников, гормоны которых регулируют окислительные процессы. Гормон

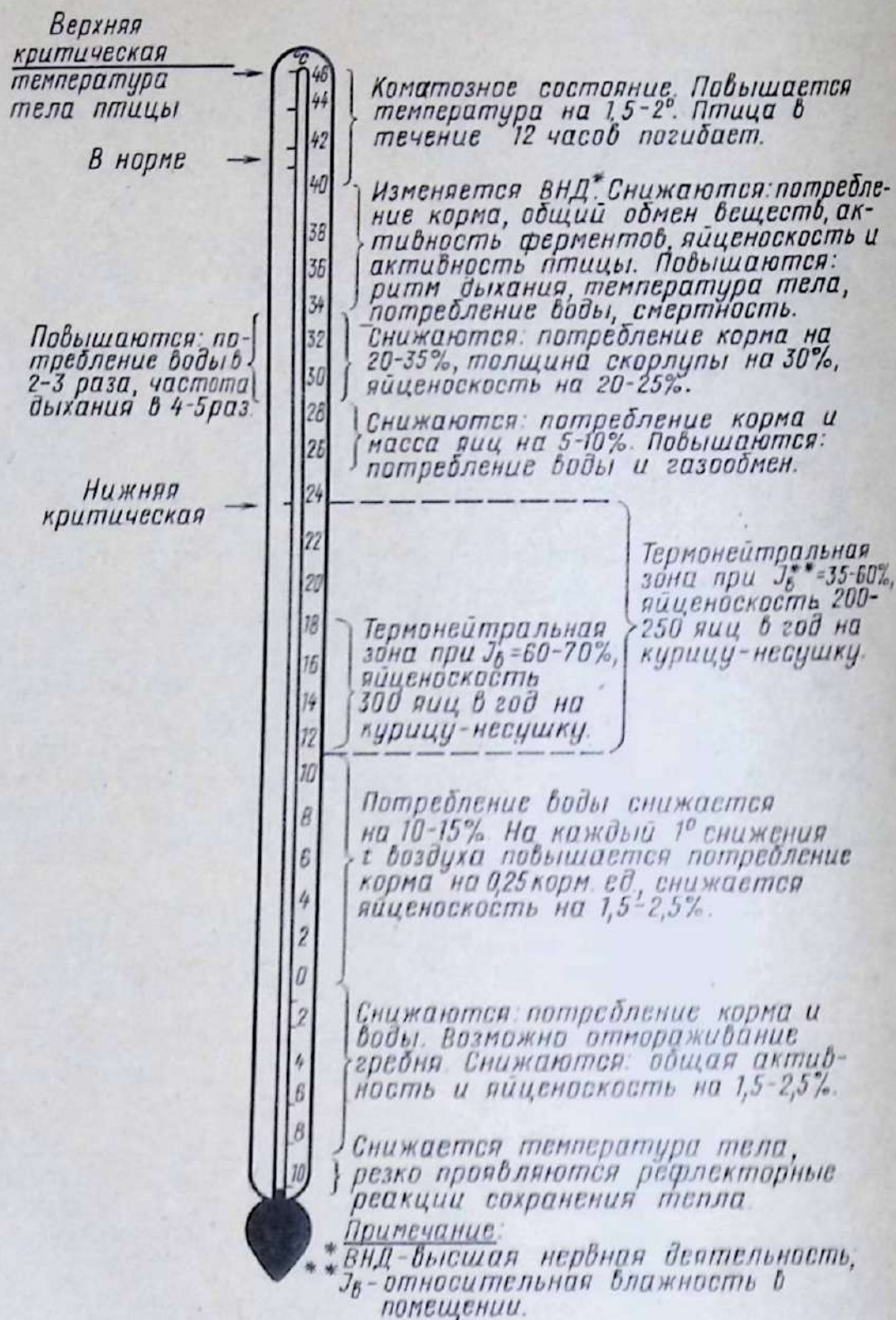


Рис. 83. Влияние температуры воздуха на организм кур (В. М. Селянский, 1974).

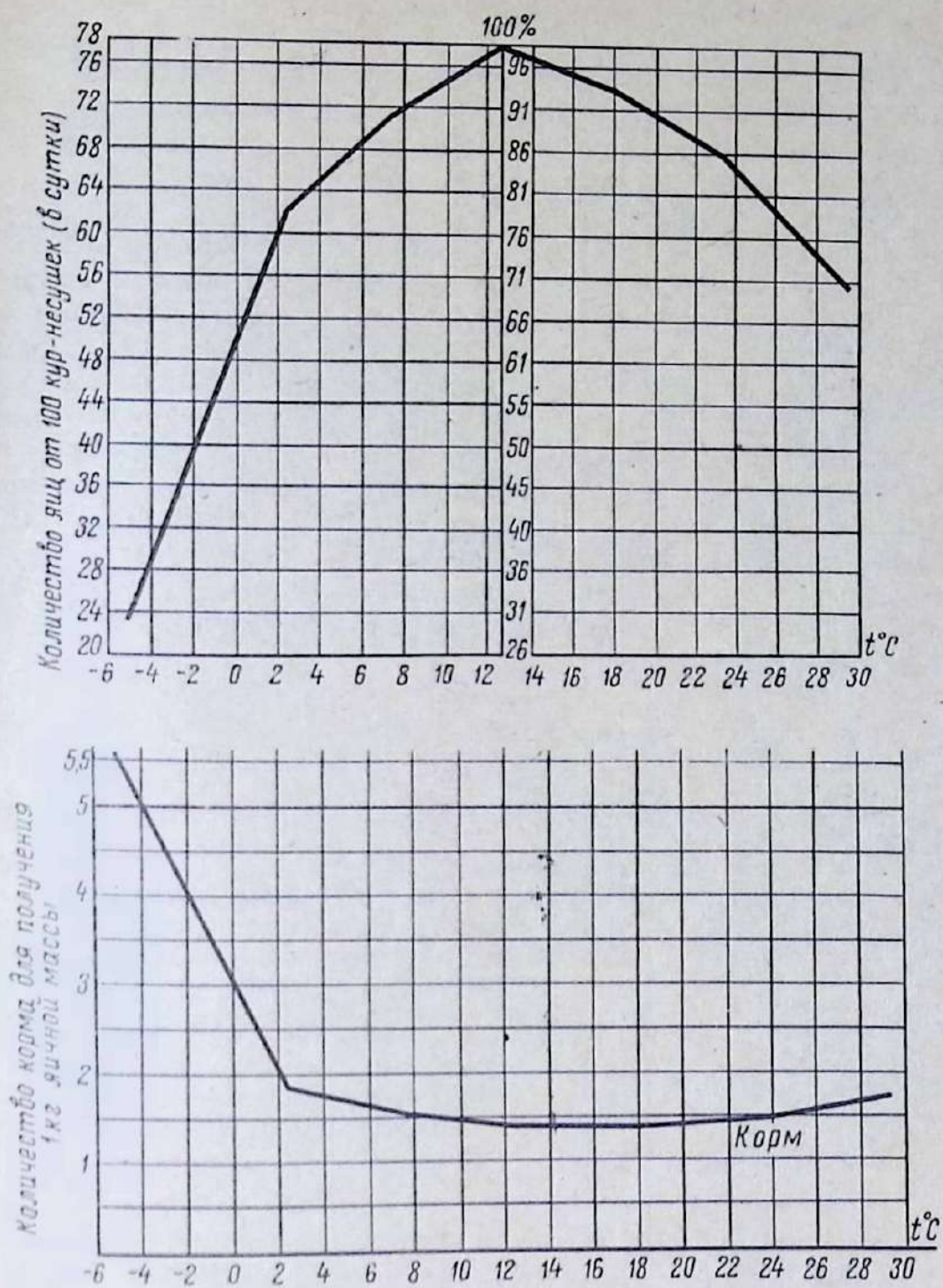


Рис. 84. Влияние температуры воздуха на яйценоскость и потребление корма (кг) курами.

надпочечников адреналин усиливает распад гликогена, который является одним из главных источников энергии.

Физическая теплорегуляция — это регуляция тепла путем отдачи его из организма излучением и проведением, а также испарением с поверхности слизистых оболочек дыхательных путей. У молодняка всех видов птиц в первые 10 дней после вылупления физическая терморегуляция развита плохо. Они больше отдают тепла, температура тела у них в этот период на $0,5-1^{\circ}$ ниже, чем у взрослых. Поэтому очень важно в помещениях для цыплят раннего возраста (до 20 дней) поддерживать оптимальную температуру воздуха в птичнике. Следует помнить, что для цыплят раннего возраста особенно опасен недостаток тепла, а для цыплят старшего возраста — его избыток.

Центральный механизм терморегуляции. Перепад температур окружающей среды воспринимают терморесепторы кожи холодовые и тепловые. Центр теплообмена расположен в промежуточном мозге, на дне и по сторонам третьего желудочка. Интенсивность тканевого обмена и изменение температуры кожи регулируются нервной системой. Благодаря кожному анализатору и центру терморегуляции птица адаптируется (приспосабливается) к изменениям температурно-влажностного режима. Терморегуляция контролируется корой головного мозга.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятия. Определить температуру тела птицы.

Материалы и инструменты: ртутные термометры, электротермометры, куры или цыплята.

З а д а н и е. Измерить температуру птицы.

Для определения температуры тела обычно используют медицинский ртутный термометр. Перед использованием его протирают, стряхивают и слегка смазывают вазелином. Термометр вводят через клоачное отверстие в прямую кишку и держат 5 мин, затем вынимают, вытирают марлевым или ватным тампоном и по столбику ртути определяют температуру тела. Для определения температуры кожи в различных точках используют электротермометр. Это портативный прибор, на верхней поверхности которого имеются шкала и стрелка. От прибора отходит провод к датчикам. Перед работой настраивают прибор согласно инструкции и указателям на панели. Датчик прикладывают в любой точке тела к коже и по максимальному отклонению стрелки определяют температуру.

Аппарат мочеотделения

Аппарат мочеотделения состоит из двух почек и мочеточников (рис. 85), впадающих в уродеум (среднюю часть клоаки). У птиц отсутствуют мочевой пузырь и почечные лоханки. Почки играют большую роль в организме. Они удаляют продукты распада белков, поддерживают водно-солевое равновесие и осмотическое давление в крови и тканях, что исключительно важно для нормальной физиологической функции клеток. В зависимости от изменения рН крови почки больше или меньше выделяют щелочных или кислотных элементов, что поддерживает нужную реакцию крови. Они задерживают токсические вещества, попавшие в организм случайно или образовавшиеся в процессе обмена. В почках они нейтрализуются, а затем выводятся с мочой.

Строение почек. Почки — это сосудистый паренхиматозный орган. Основой паренхимы служат клубочки мочевых канальцев (трубочек). Почки имеют продолговатую форму. У взрослой птицы они темно-коричневого цвета, у молодняка бледно-розового. Дорсальная поверхность почек гладкая, вентральная — бугристая. Расположены почки в углублениях пояснично-крестцового отдела и подвздошной кости по сторонам позвоночного столба, от заднего края легких до прямой кишки. Правая и левая почки разделены между собой телами позвонков. С вентральной стороны почки прикрыты брюшиной. К их поверхности прилегают воздухоносные мешки. Жира вокруг почек нет. Масса почек составляет 1—2% массы тела. У кур они весят 12—18 г. Снаружи почка заключена в оболочку, состоящую из волокнистой соединительной ткани. Почка птиц имеет три нечетко разделенные доли: переднюю, среднюю, заднюю. У неко-

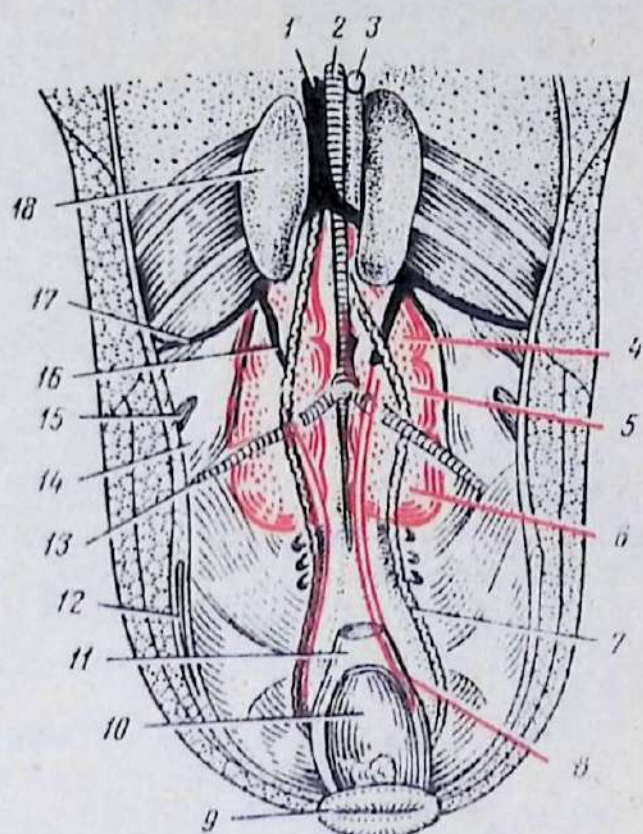


Рис. 85. Органы мочеотделения петуха (вид снизу):

1 — каудальная полая вена; 2 — нисходящая аорта; 3 — надпочечник; 4 — передняя, 5 — средняя и 6 — задняя доли почек; 7 — спермiopровод; 8 — мочеточник; 9 — отверстие клоаки; 11 — прямая кишка; 12 — лонная кость; 13 — седалищная артерия; 14 — седалищная кость; 15 — запертое отверстие; 16 — внутренняя подвздошная вена; 17 — нижняя подвздошная вена; 18 — правый семенник.



Рис. 86. Схема строения почечной дольки (А), мозгового (Б) и коркового (В) нефронов:

1 — капсула почки; 2 — корковая долька почки; 3 — внутридольковая (выносящая) вена; 4 — собирательная трубочка; 5 — мозговые каналы; 6 — петли мозговых канальцев; 7 — вторичные ветви мочеточника; 8 — первичная ветвь мочеточника; 9 — мочеточник; 10 — проксимальный отдел нефрона; 11 — почечное тельце; 12 — петля нефронов; 13 — тонкое и 14 — толстое колена петли; 15 — вставочная и 16 — связующая части нефронов; 17 — корковый собирательный проток.

торых видов птиц бывает четвертая доля, близко расположенная к средней.

Каждая доля почек состоит из множества корковых и мозговых долек, нечетко разграниченных между собой. На каждую дольку мозгового вещества приходится несколько долек коркового. Конечные ветви собирательных трубочек проникают в корковое вещество почки.

Корковые дольки имеют коническую форму. Широким основанием они направлены к поверхности почки, а узким концом — к мозговому слою. В центре корковой дольки имеются внутридольковая вена и концевые ветви почечных артерий.

Главной морфологической и функциональной единицей почки является нефрон. Каждый нефрон состоит из капсулы клубочка (капсулы Шумлянского), проксимального (главного) отдела, петли Генле с восходящей и нисходящей частями вставочного (дистального) и связующего отделов. Сосудистый клубочек вместе с капсулой Шумлянского называется почечным или мальпигиевым тельцем (рис. 86).

Сосудистый клубочек состоит из капилляров приносящей артерии, кровь в которую поступает из почечной артерии. Сосуды клубочков у птиц не имеют многочисленных разветвлений. Кровь из капилляров сосудистых клубочков собирается в выносящую артерию, которая затем вторично делится на капилляры, питающие ткани и сопровождающие мочевые канальцы. В приносящей артерии количество крови всегда больше, чем в выносящей. Выносящая артерия имеет меньший диаметр.

Капсула Шумлянского имеет две стенки. Внутренняя стенка состоит из одного слоя клеток плоского эпителия, через который происходит фильтрация мочи в полость капсулы. Наружная стенка капсулы тоже состоит из одного слоя клеток плоского эпителия.

Проксимальный извитый каналец начинается капсулой Шумлянско-го. Он выстлан кубическим эпителием, приспособленным к секреции составных частей мочи. Проксимальный извитый каналец переходит в прямую часть нефрона (петлю Генле), затем в дистальную (вставочную) и связующую части коркового вещества нефрона и собирательные трубочки.

У кур имеется два вида нефронов. Одни из них не выходят за пределы корковых долек, их называют корковыми нефронами. Другие нефроны главной (извитой) частью канальцев спускаются в мозговое вещество, их называют мозговыми нефронами.

Строение мочеточников. Мочеточники берут начало внутри почечных долей в виде первичных и вторичных ветвей. В их концевые, или вторичные, ветви открываются собирательные протоки почек. Из вторичных ветвей моча поступает в первичные, а из последних направляется в главный внутрипочечный отдел мочеточника. Начало мочеточника располагается в центре почечных долей.

Стенка мочеточника состоит из серозной, мышечной и слизистой оболочек. Слизистая оболочка выстлана многорядным цилиндрическим эпителием с бокаловидными клетками. Мышечная оболочка в начале мочеточника состоит из продольного (внутреннего) и кольцевого (наружного) слоев мышц. В области клоаки мочеточник имеет еще один наружный продольный слой мышц. Мускулатура мочеточника в области клоаки не связана с мускулатурой клоаки. Мочеточник сокращается ритмично, делая 3—6 движений в минуту. Сокращения его находятся под контролем симпатической нервной системы. Желез в мочеточниках нет. В отличие от млекопитающих у птиц нет почечных сосочков, почечной лоханки и мочевого пузыря.

Иннервация и кровоснабжение почек. В иннервации почек принимают участие: два нервных стволика, отходящих от надпочечного сплетения в области надпочечников; одиночные нервы, отходящие от узлов или межузловых ветвей симпатического ствола; соматические нервы, отходящие от спинного мозга в области поясницы и крестца; хвостовые нервы, подходящие к задней доле почек.

Кровь к почкам поступает по трем сосудам: по краниальной почечной артерии, которая начинается от нисходящего ствола аорты; по средней и каудальной почечным артериям, ответвляющимся от седалищной.

Все три почечные артерии входят в почку и разветвляются в ней. При этом одни ветви снабжают кровью ткань самой почки, т. е. выполняют трофическую функцию; другие ветви, разделяясь до мелких капилляров, образуют сосудистые клубочки.

Каждая доля почек снабжена приносящей и отводящей почечными венами.

Механизм мочеобразования. Мочеотделение весьма сложный процесс, который можно разделить на два этапа. Первый этап — образование первичной мочи. В результате высокого давления, имеющегося в капиллярах сосудистых клубочков, из крови через стенки капилляров клубочка и внутреннюю стенку капсулы нефрона в полость капсулы

Шумлянского поступает (отфильтровывается) **первичная моча**. Она содержит все составные части плазмы крови, за исключением белков. Первичной мочи образуется примерно на 70—75% больше, чем окончательной. При фильтрации большое значение имеют активность клеток клубочкового эпителия и проницаемость капилляров.

Второй этап — образование **конечной мочи**. Первичная моча из капсулы Шумлянского попадает в полость проксимального (главного) отдела и проходит по его извитым канальцам, где происходит реабсорбция (обратное всасывание) в кровь аминокислот, глюкозы, частично воды и кальция; некоторые минеральные соли, мочевиная кислота и другие вещества обратно не всасываются. В дополнение к невсосавшимся веществам из крови в канальцы поступает часть продуктов конечного обмена, а также вещества, синтезируемые в клетках паренхимы почек. В области вставочного отдела нефрона всасывается только вода и окончательно формируется моча.

Моча птиц существенно отличается по своему составу от мочи млекопитающих. Плотность ее 1,005 у кур, 1,0018 у уток, 1,004 у гусей. Цвет мочи зависит от концентрации в ней плохо растворимых солей (уратов). Моча, взятая до реабсорбции воды, имеет жидкую консистенцию и беловатый цвет, а после реабсорбции — более густую консистенцию и бело-сероватый цвет. Реакция мочи нейтральная или слабокислая. Основным конечным продуктом азотистого обмена у птиц является мочевиная кислота. В моче птиц в небольших количествах содержатся мочевина, гуанин, креатин, аммиак, аминокислоты и орнитуровая кислота. В моче уток и гусей содержится: мочевины 4,2%, аммиака 3,2, мочевой кислоты 77,88%. Мочевая кислота содержится в свободном состоянии и в виде солей. Орнитуровая кислота является специфическим веществом только для мочи птиц (в моче млекопитающих содержится гиппуровая кислота). Помимо конечных продуктов азотистого обмена, с мочой птиц выделяется большое количество минеральных солей (ураты).

Регуляция мочеотделения. Почки обладают автономностью и могут функционировать без участия нервной системы. Они работают, возбуждаемые мочевиной, мочевой кислотой, минеральными веществами крови, а также гормонами задней доли гипофиза — антидиуретинном и щитовидной железы — тироксином. Антидиуретический гормон повышает реабсорбцию воды, тироксин стимулирует обмен веществ и, следовательно, усиливает диурез.

Нервная система оказывает влияние на мочеотделение через кровеносную систему. Есть предположение, что на дне четвертого желудочка, который расположен в продолговатом мозге, находится центр мочеобразования, а в промежуточном — его высший центр. Тот и другой подчинены коре головного мозга. На конце мочеточников имеется сфинктер — мышцы, закрывающие выходные отверстия. Они иннервируются парасимпатическими и симпатическими волокнами. Возбуждение парасимпатических нервов вызывает сокращение мышц мочеточника и расслабление мышц сфинктера, в результате этого моча

выделяется. Симпатические нервы, наоборот, закрывают мышцы сфинктера и расслабляют мышцы мочеточников: моча может некоторое время задерживаться, заполняя просвет мочеточников.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятия. Изучить строение органов мочеотделения.

Материалы и инструменты: ножницы, скальпель, цыплята, микроскоп, лупы.

З а д а н и е. Изучить строение почек и мочеточников. Птицу убивают. По белой линии делают послойный разрез. Удаляют внутренние органы. Освобождают верхний пищевод от окружающих тканей и перерезают в области зоба, а кишечник — в области прямой кишки. Подрезают ткани, удерживающие органы пищеварительного тракта, не затрагивая мочеточников. Придерживая тушку, осторожно вытягивают нижний пищевод, желудок и весь кишечник.

Почки находятся каудальнее легкого. Рассматривают почки и, не вскрывая, зарисовывают их. Находят заднюю долю (она больше других), затем переднюю и среднюю. От почек параллельно семяпроводам идут два мочеточника в виде тоненьких шнуров. Зарисовывают расположение мочеточников. Отпрепаровывают почки из тазовой впадины. Разрезают почку и осматривают: по строению и окраске паренхима почек довольно однообразна, почечные лоханки отсутствуют.

Аппарат размножения

Аппарат размножения птиц служит для воспроизведения потомства, что обеспечивает сохранение вида. Функция органов размножения связана с функцией других органов и регулируется нейрогуморальными механизмами.

ОРГАНЫ РАЗМНОЖЕНИЯ САМОК

Органы размножения самок состоят из яичника и яйцевода (рис. 87).

Строение яичника. Яичник является местом образования желтков — яйцевых клеток, обогащенных питательными веществами. В начальной стадии эмбрионального развития образуются левый и правый яичники, но в дальнейшем правый яичник и правый яйцевод постепенно отстают в росте; на пятый — седьмой день инкубации левый яичник уже больше правого. У взрослых птиц в полной мере развиваются и функционируют только левый яичник и левый яйцевод, а правый яичник и правый яйцевод остаются в недоразвитом (рудиментарном) состоянии. Как исключение, у уток иногда бывают развиты оба яичника.

У птицы, которая еще не начинала яйцекладку, яичник имеет форму продолговатой четырехугольной пластинки. Расположен он в поясничной части брюшной полости, перед левой почкой. Яичник прикрепляется к дорсальной поверхности брюшной полости крупным кровеносным сосудом и с помощью брюшной складки; другой брюшной складкой яичник соединяется с яйцеводом. Органы, расположенные вокруг яичника, образуют своеобразный яичный карман, в котором может задерживаться желток при яйцекладке в случае, если он из яичника не попадает в воронку яйцевода. В пластинке яичника различают сосудистый слой, имеющий большое количество отростков, и наружный — корковый слой, который придает яичнику складчатость. В плотной основе яичника, особенно у ее основания, заложено большое количество гладких мышечных волокон. В так называемой вырезке яичника имеются крупные кровеносные сосуды, идущие от брюшной аорты.

У взрослой несущейся птицы яичник гроздевидный. Такой вид ему придают шаровидные желтки различной величины, покрытые тонкой оболочкой, богатой сосудами. Каждая яйцеклетка с желтком, заключенная в оболочку (фолликул), подвешена к строге на стебельке. Яичник продуцирует гормоны эстроген, андроген и прогестерон (см. «Железы внутренней секреции»).

Развитие зародышевой клетки. В период инкубации зародышевые клетки быстро размножаются, образуя клетки с крупными зернышками желтка. На восьмой — одиннадцатый день развития эти клетки называют *овогониями*, которые в дальнейшем образуют так

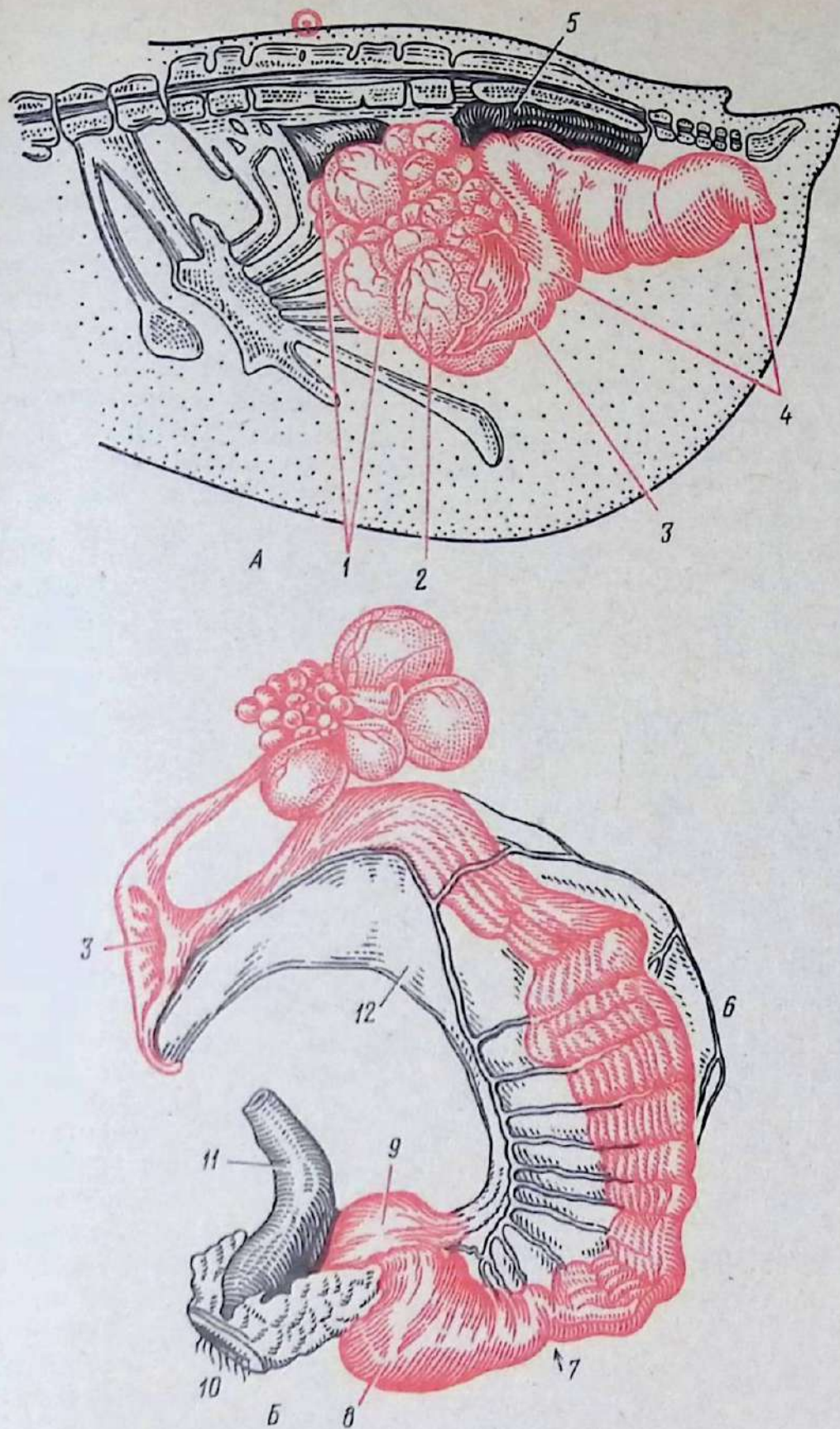


Рис. 87. Органы размножения курицы:

А — общий вид; Б — яйцевод; 1 — яичник с фолликулами; 2 — созревший фолликул; 3 — воронка яйцевода; 4 — яйцевод; 5 — почка; 6 — белковая часть яйцевода; 7 — перешеек; 8 — матка; 9 — влагалище; 10 — клоака; 11 — прямая кишка; 12 — брыжейка.

называемые **о в о ц и т ы**. У суточного цыпленка овоцит имеет диаметр 0,01—0,02 мм. В дальнейшем в постэмбриональный период овоцит растет и в своем развитии проходит четыре стадии.

Первая стадия развития овоцита продолжается от вылупления до 45-дневного возраста цыплят. Она характеризуется тем, что овоцит увеличивается в 5 раз по сравнению с размером в эмбриональный период, достигая величины 1 мм. Овоцит растет сравнительно медленно, главным образом вследствие увеличения цитоплазмы. С 10-дневного возраста цыпленка в центре овоцита начинает накапливаться жир. Ядро овоцита вместе с частью цитоплазмы постепенно (амебоидным движением) перемещается из центра овоцита к его периферии, образуя бластодиск — **з а р о д ы ш е в ы й д и с к**. Располагаясь под клеточной оболочкой, ядро принимает форму линзы.

Вторая стадия роста овоцита продолжается в яичнике цыплят в возрасте от 45 до 60 дней. Диаметр овоцита увеличивается от 1 до 3 мм, на периферии его образуется первый истинный слой желтка белого цвета в виде вакуолей, состоящих из жидкого протеина. Вакуоли, пропитанные белком, соединенным с жиром и фосфором, образуют более плотный слой желтка. Вокруг бластодиска накапливается светлый слой желтка. Эта расширенная часть центра желтка в форме вазы называется **л а т е б р о й**.

Третья стадия роста овоцита характеризуется тем, что в центре овоцита увеличивается количество желтка, а вещество цитоплазмы несколько уменьшается. В результате накопления желтка диаметр овоцита увеличивается от 3 до 6 мм.

Четвертая стадия роста овоцита длится 6—7 дней перед овуляцией. Вокруг латексы образуются наслоения желтого и белого желтков, диаметр овоцита увеличивается от 6 до 35—40 мм. Количество сухих веществ в овоците в этот период возрастает более чем в 2 раза, а первоначальное количество воды уменьшается. Это уже сформировавшаяся **я и ц е к л е т к а** с запасом питательных веществ, готовая к овуляции. Каждая образовавшаяся яйцеклетка заключена в фолликул.

Фолликул и его физиологическая функция. Фолликул — это образование из эпителиальных клеток, расположенных вокруг яйцеклетки в виде мешочка. Стенки фолликула состоят из фолликулярного эпителия и соединительнотканной основы. Образуется он вскоре после появления овоцита и претерпевает изменения в зависимости от стадии развития яйцеклетки. По мере того как овоцит растет, увеличиваясь в объеме, стенки фолликула становятся тоньше; у него образуется так называемая ножка, которой он прикрепляется к яйцеводу и удерживается в нем. Внутри фолликула, над желтком, имеется оболочка — **т е к а**. Она состоит из наружного, более рыхлого слоя клеток (тека наружная) и внутреннего слоя узких клеток, прилегающих к желтку (тека внутренняя). Наружная тека прилегает к основе яичника. Кровеносные сосуды входят через ножку фолликула и расходятся в нем во всех направлениях, за исключением небольшой полосы, так называемой **с т и г м ы**, расположенной против ножки фолликула. Эта часть (стигма) служит местом разрыва фолликула, когда яйцеклетка

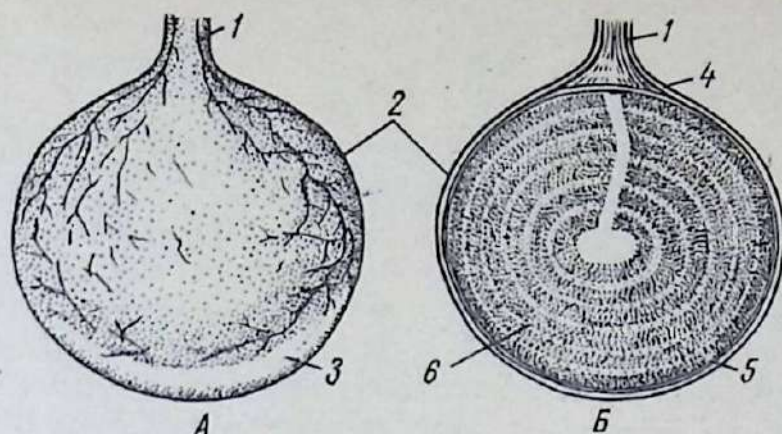


Рис. 88. Схема строения созревшей яйцеклетки курицы:

А — общий вид; Б — в разрезе; 1 — ножка, соединяющая яйцеклетку с яичником; 2 — фолликулы; 3 — стигма; 4 — оболочка фолликула; 5 — желточная оболочка; 6 — перемежающиеся слои желтого и белого желтка.

созревает и выходит из него. Фолликул выполняет опорную, трофическую и регуляторную функции.

В последней стадии созревания яйцеклетки между наружной поверхностью овоцита и фолликулом образуется тонкая прозрачная так называемая желточная оболочка со множеством канальцев. Желточная оболочка легко растягивается по мере накопления желтка в яйцеклетке. Между желточной оболочкой и стенками фолликула имеется околожелточное пространство, заполненное лимфой. Благодаря этому овоцит может свободно вращаться и располагаться сообразно силе тяжести. С образованием желточной оболочка питательные вещества в овоцит поступают только через нее (сначала через поры, а затем путем диффузии).

Овоциты развиваются последовательно, поэтому в яичнике можно обнаружить яйцеклетки на разных стадиях развития. Имеются яйцеклетки, которые, находясь в пластинке яйцевода, еще невидимы простым глазом. Есть яйцеклетки большего размера и более зрелые, и, наконец, имеются яйцеклетки, полностью созревшие и готовые покинуть фолликул (рис. 88). По величине и цвету образовавшихся яйцеклеток можно судить о степени их зрелости. Молодые яйцеклетки малого размера имеют беловатый или серый цвет, более зрелые — желтоватый. Вполне зрелая яйцеклетка имеет ярко-желтый цвет.

Количество яйцеклеток у птиц даже одного и того же вида различное, в зависимости от возраста и физиологического состояния. У кур их насчитывают от 586 до 3605 (видимых).

Максимальная яйцекладка курицы за весь период жизни составляет 1500 яиц. Иначе говоря, птица откладывает яиц наполовину меньше, чем образуется овоцитов в яичнике. Это объясняется тем, что яйценоскость птицы зависит не только от активности яичника и количества образующихся яйцеклеток, но и от уровня обмена веществ, т. е. способности органов и тканей обеспечивать всеми необходимыми питательными веществами образующиеся яйцеклетки. Отсюда одна из

основных задач в деле повышения продуктивности птицы — лучшим образом сочетать хорошую селекцию с отличным кормлением птицы и ее содержанием.

В зависимости от функционального состояния масса яичника значительно изменяется. Яичник однодневного цыпленка весит 0,03 г, трехмесячного — 0,31 г, пятимесячной молодки — 6,55, а у курицы после снесенного первого яйца — 38 г.

Влияние некоторых факторов на рост и развитие овоцитов. В передней доле гипофиза вырабатывается фолликулостимулирующий гормон, который вызывает быстрый рост фолликулов. Последние, в свою очередь, продуцируют гормон эстрин (фолликулин).

Эстрин ускоряет переход липидов в состав желтка, а также стимулирует рост яйцевода, усиливает секреторную деятельность его желез и тем самым подготавливает яйцевод к принятию зрелой яйцеклетки. Он действует на гипофиз и может затормаживать в нем образование фолликулостимулирующего гормона. Этим достигается относительное динамическое равновесие между секреторной деятельностью гипофиза и яичника. Введение фолликулина 1—70-дневным цыплятам в дозе 25 ед. на 1 кг живой массы тормозит развитие семенников и усиливает рост яичников. В результате этого масса семенников уменьшается на 48—49%. Масса яичника повышается на 55—61% по сравнению с контролем.

Двукратная инъекция фолликулина или СЖК (сыворотки крови жеребых кобыл) цыплятам среднего и старшего возраста (30—60 дней) ускоряет рост овоцитов и вызывает начало яйцекладки на 30 дней раньше, чем в контроле. При введении фолликулина взрослой птице образование его в фолликулах задерживается, так как при этом уменьшается выработка гипофизарного фолликулостимулирующего гормона.

Активное действие на органы размножения, в частности на образование и развитие яйцеклеток, оказывает с в е т: интенсивное освещение стимулирует функциональную активность яичника птиц. Через органы зрения и проводящие пути нервной системы свет действует на переднюю долю гипофиза и стимулирует в нем образование гонадотропного гормона, который поступает в кровь и, в свою очередь, влияет на яичник, вызывая в нем интенсивный рост и созревание яйцеклеток.

Овуляция (выделение яйцеклетки из фолликула) является одним из важных физиологических процессов в биологии размножения птиц. Она происходит примерно через полчаса после снесения предыдущего яйца.

Пока яйцо находится в области матки, другой конец яйцевода сохраняет относительно спокойное состояние, как бы отдыхает. Как только яйцо снесено, происходит значительный прилив крови к передней части яйцевода (в области воронки): она несколько выпячивается, как бы заглатывая яичник, а затем опускается. Опускаясь, воронка захватывает самый большой фолликул, свисающий от ствола яйцевода в брюшную полость. Перед овуляцией мышцы стигмы сокращаются и растягивают фолликул. При этом сжимаются и бледнеют кровеносные сосуды на

одном конце стигмы, под влиянием внутреннего давления образуется небольшой разрыв, который затем продолжается по всей ее длине. Через образовавшийся разрыв фолликула созревшая яйцеклетка (желточный шар) выпадает в желточный карман. У птицы не образуется желтого тела в местах разрыва фолликула, поэтому овуляция не задерживается и яйцекладка может быть ежедневной.

Ритм овуляции зависит от того, как быстро созревает одна яйцеклетка за другой. Задержка яйца в полости яйцевода затормаживает овуляцию последующей яйцеклетки из фолликула.

Стимуляция функций гипофиза удлинением светового дня вызывает учащение овуляций. Темнота задерживает ее. Поэтому если у курицы овуляция должна наступить к вечеру, то она задерживается до утра. При усиленном освещении овуляция может происходить днем и ночью. Беспокойство, шум, отлов птицы перед снесением яиц задерживают яйцекладку. При сильном и длительном нарушении покоя птиц могут наступать патологические изменения в ядре самой зрелой и более молодых яйцеклеток. Эту биологическую особенность следует учитывать при содержании птиц.

Строение яйцевода. Яйцевод — орган, по которому проходит яйцо. За период продвижения желтка по яйцеводу к нему добавляются две трети содержимого яйца: белок, подскорлупные пленки, известковая скорлупа. У несущейся курицы длина яйцевода колеблется в пределах 10—20 см, диаметр 0,3—0,8 мм. В период максимальной яйцекладки длина его может увеличиваться до 40—60 см, а диаметр — до 10 см.

По морфологическим признакам и физиологическим функциям яйцевод делится на пять отделов, или участков: воронку, белковый отдел, перешеек, матку, влагалище (рис. 89).

Воронка — передняя часть яйцевода, имеет овальное отверстие диаметром 8—9 см, открывается в брюшную полость около яичника. Стенки воронки у устья утончены и несколько выпячены, образуя как бы ее губы, которые мышечными связками соединяются с брюшной стенкой. Благодаря связкам воронка может передвигаться вперед и отодвигаться назад, захватывая яйцеклетку из желточного кармана после ее овуляции. Расширенная часть воронки затем сужается, образуя так называемую шейку воронки длиной 2—4 см. Воронка внутри покрыта небольшими складками слизистой оболочки, которые на границе с белковым отделом образуют гребни.

Белковый отдел имеет более толстые стенки и длину 30—35 см. Слизистая его собрана в 15—25 основных продольных складок высотой 4,5 мм, толщиной 2,5 мм. Складки, прилегающие к воронке, спиралеобразные и продолжают складки слизистой оболочки воронки. Эта часть яйцевода имеет хорошо развитые железы, секретирующие белок. Белковый отдел отделяется от нижележащего перешейка узким прозрачным кольцом низких складок (1,5 мм), лишенных желез.

Перешеек имеет относительно маленький диаметр и длину 8 см, но более толстый слой кольцевых мышц. Перешеек без четких границ переходит в матку.

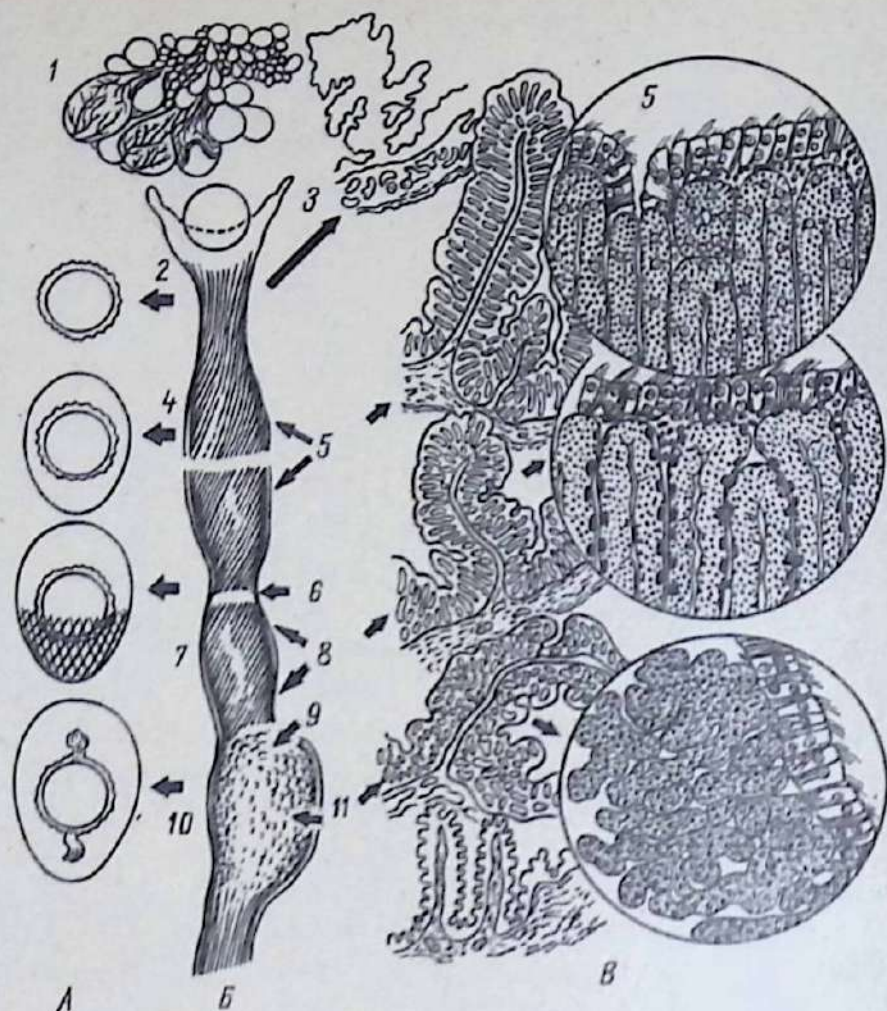


Рис. 89. Схема строения яйцевода курицы:

А — последовательность формирования яйца в яйцеводе; Б — яйцевод; Б' — поперечные срезы яйцевода; 1 — яичник; 2 — воронка; 3 — железы воронковой шейки и воронковые ямки; 4 — белковый отдел; 5 — железы белкового отдела; 6 — безжелезистая полоска; 7 — перешеек; 8 — железы перешейка; 9 — железы переходного отдела; 10 — матка; 11 — железы матки.

М а т к а имеет форму мешка длиной 8—9 см. В ее стенках заложен толстый слой продольной и кольцевой мускулатуры. Слизистая оболочка матки также собирается в складки, благодаря чему в момент прохождения яйца она может расширяться.

На границе матки и влагалища расположено сильное мышечное кольцо — сфинктер.

В л а г а л и щ е начинается некоторым сужением. Длина его 7—8 см. Оно имеет хорошо развитый слой кольцевых мышц. Изнутри влагалище выстлано слизистой оболочкой, образующей низкие узкие гребнистые складки. Во влагалище поступает вполне сформировавшееся яйцо, готовое к выходу.

Влагалище открывается в клоаку.

С т е н к и яйцевода состоят из четырех оболочек, включающих семь слоев. Серозная, или брюшная, оболочка покрывает наружную часть яйцевода. Мышечная оболочка имеет два слоя мышц: продольный и кольцевой. Сосудистая оболочка лежит под мышечной.

Она состоит из двух слоев соединительной ткани; в одном из них проходят крупные кровеносные сосуды, в другом — капилляры. Внутренний слой слизистой оболочки во всех отделах выстлан слоем мерцательного эпителия. Кроме того, в слизистой оболочке имеются и бокаловидные (слизистые) клетки.

Ж е л е з ы. За исключением влагалища, где секрецию осуществляют все клетки эпителиального слоя, во всех отделах яйцевода имеются железы двух типов: одноклеточные и трубчатые. Одноклеточные эпителиальные железы образуются из гладких кубических клеток, перемежающихся цилиндрическими. Трубчатые железы находятся в складках слизистой оболочки. Железы сообщаются с просветом трубки яйцевода тонкими каналами, открывающимися у основания складок. Трубчатые железы выделяют зернистый секрет, который затем теряет зернистость и становится жидким. Одноклеточные железы и кубические клетки выделяют муцин. Секреты в просвете яйцевода смешиваются и приобретают свойства, характерные для белка. В перешейке одноклеточные железы до некоторой степени похожи на железы белкового отдела, но они несколько ниже и уже. Одноклеточные и трубчатые железы перешейка выделяют секрет, из которого образуются подскорлупные пленки. Из секрета желез матки формируется скорлупа. Во влагалище желез нет. Секретирующим органом является весь эпителиальный слой. Здесь образуется надскорлупная пленка.

Формирование яйца в яйцеводе. Яйцеклетка, выпавшая из фолликула в виде желточного шара, попадает в желточный карман или непосредственно в воронку. В результате сокращения брюшных и поясничных мышц воронка яйцевода захватывает яйцеклетку. В воронке желток задерживается не более 20 мин. Когда желток проходит нижнюю часть воронки, на его поверхность накладывается слой белка (градинковый). Быстро пройдя воронку по спиральным складкам слизистой оболочки, желток попадает в белковый отдел, где находится около $2\frac{1}{2}$ — 3 ч. Здесь на градинковый слой изливается белок в виде тончайших нитей самой причудливой формы. Они образуют сетку, каркас, а жидкий белок заполняет пространство между нитями. Таким образом, вокруг желтка формируется плотная и в то же время эластичная белковая оболочка, которая в состоянии поддерживать определенную форму, образуя своего рода мешок. Скорость продвижения яйца в последней части белкового отдела составляет 2,3 мм в минуту.

Яйцо, продвигаясь из белкового отдела в перешеек, медленно вращается. При этом микроскопические тонкие нити муциноподобного белка постепенно накручиваются одни на другие и туго натягиваются. Натягиваясь, они выжимают жидкий белок, заключенный между нитями, который образует слой так называемого внутреннего жидкого белка, прилегающего к градинковому слою. Свободно плавающий желток под действием тяжести принимает такое положение, что зародышевый диск оказывается наверху.

В процессе продвижения и вращения муциновые волокна на концах яйца постепенно закручиваются, образуя градинки (халадзи). Градинки формируются все время, пока яйцо продвигается в перешейке и даже

некоторое время в матке. Яйцо, находящееся в конце белкового отдела яйцевода, состоит из желтка, окруженного градиновым, внутренним жидким и плотным слоями белка. Количество белка на этой стадии составляет 40—60% от содержащегося в полностью сформировавшемся яйце.

Переходя из белкового отдела в перешеек, яйцо раздражает железы начальной части перешейка и усиливает их секрецию; в просвет канала выделяется зернистый кератиноподобный белок. Поглощая воду, зернышки белка набухают и сливаются в клейкие нити, примыкающие к поверхности белкового мешка и образуют внутреннюю подскорлупную оболочку. Последняя состоит из очень тонких волокон. Затем яйцо на некоторое время останавливается, а в железах перешейка накапливается секрет для внешней подскорлупной оболочки. Когда яйцо снова начинает продвигаться, железы изливают свой секрет, из которого образуется вторая подскорлупная пленка. Наружная подскорлупная оболочка в отличие от внутренней состоит из более крупных белковоподобных волокон. Пока образуются подскорлупные пленки, в перешейке происходит накопление так называемого наружного жидкого слоя белка, который начал откладываться еще в белковом отделе яйцевода. В перешейке яйцо продвигается медленнее, чем в белковом отделе (1,4 мм/мин), и проходит его в течение 70 мин.

Из перешейка яйцо попадает в матку. Здесь железы выделяют секрет, содержащий воду и минеральные вещества. Благодаря высокой проницаемости подскорлупных оболочек вода и минеральные соли переходят внутрь яйца и белок разжижается. Оболочки при этом натягиваются, яйцо становится полным. На внешней подскорлупной оболочке начинается отложение скорлупы. Сначала на пленке оседают очень маленькие зернышки, потом они увеличиваются вследствие поглощения солей кальция. К солям кальция в местах оседания присоединяется немного белкового вещества, которое цементирует их. Благодаря этому образуются плотные заостренные выступы, которые называют сосочками, а слой, образующийся из них, — сосочковым. У основания сосочки шире и теснее соприкасаются один с другим. Свободные концы сосочков заострены, поэтому между ними образуются микроскопические воздухоносные пространства (ходы сообщения), участвующие в процессах газообмена в сформированном яйце.

Поверх сосочкового слоя откладывается коллагеноподобный протеин, который выделяется железами передней части матки. Между коллагеновыми волокнами, образующими каркас, откладываются соли кальция. Так образуется второй слой скорлупы, называемый губчатым. Он составляет $\frac{2}{3}$ толщины скорлупы. Волокна каркаса губчатого слоя более многочисленны в области, прилегающей к сосочковому слою. Над нитями каркаса образуются радиальные каналы, соединяющиеся с межсосочковыми воздухоносными пространствами. В тех местах, где скорлупа соприкасалась с эпителием матки, образуются поры скорлупы, которые являются отверстиями воздухоносных каналов. Поры распределены на поверхности скорлупы неравномерно, их больше на тупом конце и меньше на остром.

В полости матки яйцо находится 19—20 ч. За этот период в образующейся скорлупе откладывается около 5 г карбоната кальция. Ткани матки не содержат запасов кальция, поэтому весь кальций поступает в полость матки из крови. В крови курицы-несушки общее содержание кальция в 2—3 раза выше, чем у несущейся курицы. В период образования скорлупы кровоснабжение матки значительно увеличивается. Основной фракцией кальция крови, используемой железами матки, является, по-видимому, ионизированный кальций. Ионы кальция переносятся из крови в полость матки при участии бикарбонатов крови, т. е. в форме растворимого бикарбоната кальция. На отложение солей кальция в скорлупе влияют ферменты, в частности угольная ангидраза и щелочная фосфатаза.

После образования скорлупы у некоторых птиц откладывается добавочный пигмент в виде отдельных пятен, полос, крапинок, что придает окраску яйцу, присущую определенному виду птиц. Окраска яиц разнообразная. У домашних птиц яйца бывают белые с розоватым оттенком, светло-коричневые, голубоватые и других цветов. Окраска яиц зависит от основного пигмента — овопорфирина, который накапливается в скорлупе.

Пигмент образуется в результате разрушения эритроцитов и дальнейших биохимических превращений гемоглобина. Гемоглобин в клетках печени превращается в желчные пигменты (биливердин, билирубин и др.), имеющие красный, желтый, синий, черный и коричневый цвета. Некоторые из этих пигментов переносятся кровью к железам матки и выделяются с их секретом.

Вполне сформировавшееся в матке яйцо сравнительно быстро проходит через влагалище и выделяется наружу. Но прежде чем происходит кладка яйца, поверхность скорлупы покрывается тонкой надскорлупной пленкой, которая по химическому составу близка к подскорлупным пленкам. Секрет для образования надскорлупной пленки вырабатывают клетки эпителия матки.

У крупных яиц надскорлупная пленка бесцветная, сравнительно тонкая, блестящая.

Прохождение яйца по всему яйцеводу продолжается 23,5—24 ч.

Яйцекладка осуществляется с помощью сокращения мышц матки и влагалища. Влагалище — это последний отдел яйцевода, по размеру равный длине яйца. В стенках влагалища имеется мощный слой мышц. Сокращение влагалища находится под контролем курицы. Вполне сформировавшееся яйцо, находящееся в матке, выпячивается через влагалище в клоаку, не касаясь ее стенок, при этом мышцы влагалища сильно сокращаются и помогают освобождению яйца из матки. В большинстве случаев яйцо выходит острым концом.

Дикie птицы сносят строго определенное количество (партию) яиц и потом их насиживают. У домашних птиц кладка яиц может проходить ежедневно, без перерыва или с перерывом 2, 3, 4, 5 дней, т. е. циклами.

Циклом яйцекладки называется снесение яиц в течение нескольких дней подряд. Циклы могут быть правильными, когда перерыв в яйцекладке происходит через определенное число дней, и

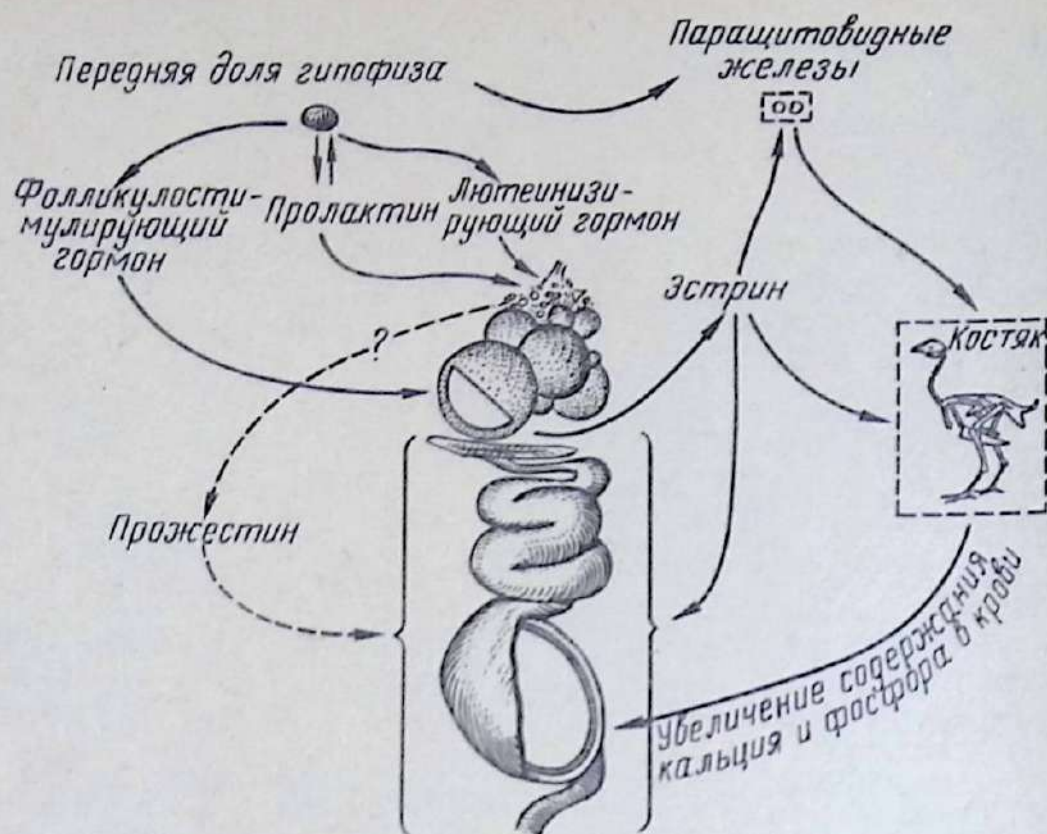


Рис. 90. Схематическое изображение гормональной регуляции процесса образования яйца (по А. А. Романову).

неправильными — с перерывами через разное число дней. У плохих несушек циклы короткие, а перерывы в яйцекладке длинные.

Яйценоскость птицы зависит от вида, возраста, породы, физиологического состояния, а также от кормления, содержания их и уровня обменных процессов в организме. При нормальной яйцекладке курица может откладывать 300 яиц в год и более. При яйцекладке 300 яиц курица выводит из организма 1,4 кг белка, 1,2 кг жира, 1,2 кг минеральных веществ, 10—11 кг воды.

Подготовка организма самки к яйцекладке. В период подготовки к яйцекладке в организме самок птиц происходят изменения во всех органах и тканях. Резко увеличивается масса яичника и яйцевода, железы яйцевода приходят в активное состояние, происходят существенные изменения в химическом составе крови. Примерно за 5—6 дней до наступления яйцекладки общий обмен веществ повышается на 5—10%. Увеличивается количество белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ в крови. Активизируется гормональная деятельность желез внутренней секреции (рис. 90). Фолликулостимулирующий гормон гипофиза стимулирует образование фолликулина растущими фолликулами. Последние, в свою очередь, усиливают деятельность яйцевода, мобилизуют из резервов организма минеральные соли, белки, жиры и углеводы, необходимые для формирования яиц.

ОРГАНЫ РАЗМНОЖЕНИЯ САМЦОВ

Органы размножения самцов состоят из семенников и семяпроводов. У некоторых видов птиц имеются слабо развитые органы совокупления.

Строение семенников. Семенников два, причем левый развит лучше правого. Они имеют овальную форму и расположены над передними долями почек, прилегая к брюшному воздухоносному мешку. Абсолютная масса семенников зависит от возраста, а также от физиологического состояния организма. Так, у гуся в период покоя семенники весят 10,8 г, а при половой активности — 24 г. Цвет семенников светлорозовый в раннем возрасте птицы и белый в период половой активности. Семенники покрыты тонкой белочной оболочкой, в паренхиме их отсутствуют соединительнотканые перегородки.

В семенниках заложены небольшие извитые канальцы, выстланные изнутри зародышевым эпителием и соединенные между собой соединительной тканью в своеобразное сплетение. Места активного размножения половых клеток имеют веретенообразное расширение (рис. 91).

Каждый семенник имеет придаток, который заключен с ним в общую капсулу. Придаток желтоватого цвета, хорошо виден только в период половой активности. Он также содержит большое количество мельчайших канальцев, которые соединены с выводными канальцами семенника через проток, расположенный на наружной поверхности семенника. От придатка семенника идут два семяпровода в виде извитых трубок, расположенных рядом с мочеточниками, параллельно позвоночнику.

Семяпровод при входе в клоаку образует расширение. Вокруг расширения расположена пещеристая часть с большим количеством кровеносных сосудов. У петухов, индюков и цесарей нет специального органа совокупления. У селезня и гусака имеется слабо развитый половой член. Внутри он выстлан слизистой оболочкой с большим количеством складок, а снаружи — фиброзной тканью.

Сперматогенез. Образование спермиев происходит в такой последовательности. Первичные клетки — сперматогонии путем деления превращаются в сперматозиты первого порядка

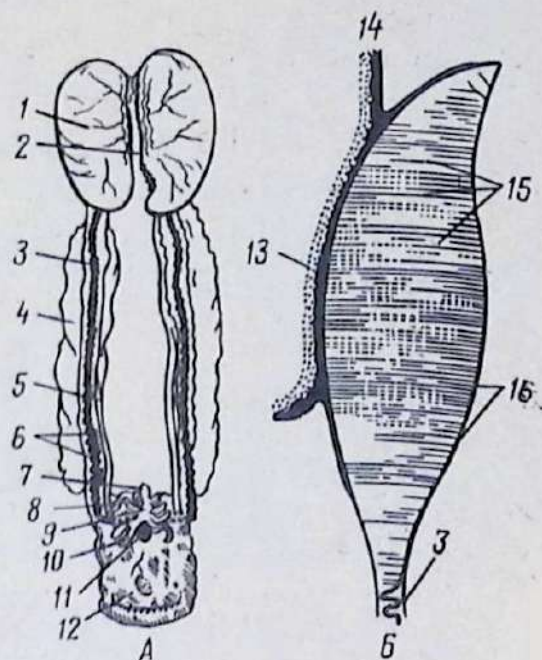


Рис. 91. Половые органы петуха:

А — общее строение; Б — схема канальцев в придатке семенника; 1 — правый семенник; 2 — область придатка семенника; 3 — семявыносящий проток; 4 — правая почка; 5 — мочеточник; 6 — мышечный отдел семявыносящего протока; 7 — белочный отдел; 8 — круглая складка семяпровода; 9 — лимфатическая складка; 10 — правый выбрасывающий проток; 11 — отверстие прямой кишки; 12 — стенка клоаки; 13 — семенник; 14 — сеть; 15 — выносящие канальцы и 16 — проток придатка семенника.

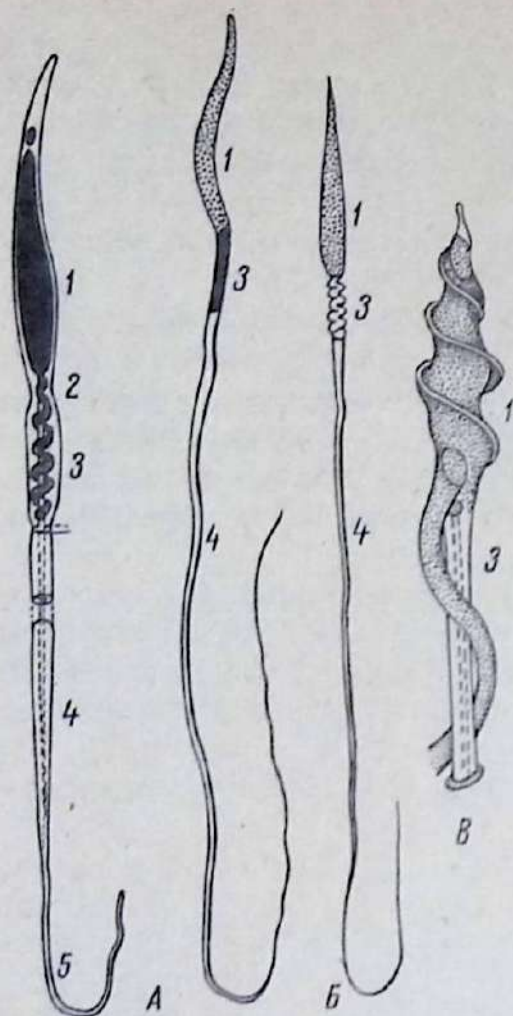


Рис. 92. Спермий разных видов птиц:
А — петуха; Б — селезня; В — головка спермид гуся; 1 — головка (внутри расположено ядро); 2 — шейка; 3 — соединительная часть; 4 — средняя часть; 5 — хвостик.

и растут. Каждый сперматоцит первого порядка делится редукционно (с уменьшением количества хромосом вдвое) на два сперматоцита второго порядка, которые проходят стадию развития. Далее происходит образование сперматид, преобразующихся в зрелые спермиды. Образовавшиеся спермиды погружаются головкой в сертолиев симпласт семенных канальцев и дозревают, образуя так называемые семенные колоски.

Сформировавшийся спермид имеет головку, шейку, тело и хвост. У разных видов птиц они различной формы. У петуха головка спермиды лопатообразная, а хвостовик похож на спираль. У спермиды гусака головка заострена, хвостик короче (рис. 92).

Размер семенников зависит от возраста и половой активности птицы, времени года и ряда других факторов (кормление, освещение). Наиболее активный процесс образования спермидов у петухов бывает в феврале—июле, у селезней — в феврале—мае, у гусей — в марте—апреле.

В период половой активности семенники у некоторых видов птиц увеличиваются в 20 раз по сравнению с периодом покоя. Петухи могут спариваться от 14 до 29 раз в день.

Петух выделяет за одну садку 0,4—1,6 мл, гусак — 0,1—0,2 мл эякулята (спермидов с разбавляющей его жидкостью). Сперма имеет беловатый или сероватый цвет, без запаха. В 1 мл эякулята петуха породы леггорн насчитывается 1,4—2,33 млн. спермидов.

Продвижение спермидов в половых путях самки. Спермиды, попадая в яйцевод самки, могут оставаться способными к оплодотворению яйцеклетки в течение 20—30 дней. В течение первых двух часов после спаривания спермиды находятся во влагалище, через 5 ч — в матке. Через сутки они продвигаются в перешеек, через 4—5 суток — в верхний отдел яйцевода. Через 15 суток после спаривания спермиды обнаруживаются во всех отделах яйцевода, но их количество незначительно; через 30 суток их еще меньше, а через 75 суток находят по 1—5 спермидов во всех отделах. Через 180 дней после спаривания спермиды не обнаруживаются.

С развитием промышленного птицеводства для воспроизводства птицы в птицеводческих хозяйствах в селекционно-племенной работе

стали широко применять искусственное осеменение сельскохозяйственной птицы, особенно кур, индеек, гусынь. Данный метод биологически обоснован, экономически выгоден и является прогрессивным в условиях развития промышленного птицеводства.

Технология искусственного осеменения состоит из следующих последовательных этапов: получения спермы от самцов, оценки качества спермы, разбавления спермы разбавителем (жидкость специального состава), осеменения самок.

Методика получения спермы от петухов и индюков аналогична, но она отличается от метода получения спермы у гусей и селезней.

Сперма производителей птицы должна отвечать определенным качествам. Нормальная сперма петуха, индюка, гусака, селезня имеет молочно-белый цвет, сливкообразную консистенцию, без запаха. Сперма, имеющая запах, примеси помета, крови, для осеменения непригодна. Самцы птицы, используемые для искусственного осеменения, должны выделять эякулят объемом: петух не менее 0,4—0,5 мл, индюк 0,2—0,4, гусак 0,2—0,5, селезень 0,2 мл. Объем эякулята определяют по делениям спермоприемника или градуированной пипетки на 1—2 мл, подвижность спермиев должна быть 7—9 баллов. Высшая оценка по активности движения спермия 10 баллов, когда все спермии, просматриваемые с помощью микроскопа, имеют прямолинейное поступательное движение.

Концентрация спермиев в 1 мм³ эякулята должна быть у петуха 1,5—2,3 млн. спермиев. Ее определяют в счетной камере Горяева, Тома, Боркера или с помощью фотоэлектрокалориметра ФЭК-М, центрифуги.

Осеменение кур, индеек, гусей и уток (по данным С. В. Шилина).

Осеменение кур. При клеточном содержании помощник техника-осеменатора левой рукой фиксирует курицу за хвост, не вынимая ее из клетки, а правой рукой надавливает на левую сторону живота между лонными костями и задним концом грудной кости до выведения яйцевода наружу. Техник-осеменатор вводит в яйцевод пипетку со спермой на глубину 4 см и выдавливает сперму. В этот момент во избежание вытекания спермы обратно помощник прекращает давить на живот курицы. При напольном содержании кур помощник берет левой рукой курицу за ноги и помещает ее под мышку, правой рукой надавливает на живот до выведения яйцевода наружу. Сперму вводят, как указано выше.

Осеменение индеек. Оператор берет левой рукой индейку за обе ноги и фиксирует ее под левой рукой так, чтобы голова птицы находилась позади оператора, правой рукой он отводит хвостовые перья индейки на спину. Техник-осеменатор большим и указательным пальцами руки выпячивает клоаку до появления отверстия яйцевода и вводит в нее пипетку со спермой на глубину 4—6 см. Оператор ослабляет давление на живот, а техник-осеменатор, нажимая на поршень шприца или резиновый баллончик пипетки, вводит сперму.

Осеменение гусынь и уток. Птицу фиксируют на специальном станке. Оператор держит самку левой рукой у основания крыльев, а

правой слегка отгибает хвост. Техник-осеменатор вводит указательный палец правой руки в клоаку и нащупывает яйцевод (левее и ниже входа в клоаку на 2—4 см). Под контролем пальца вводит в него катетер шприца или пипетки со спермой на глубину 4—6 см. Затем палец вынимает, и оператор вводит сперму в яйцевод с помощью шприца или пипетки.

Оплодотворение яйцеклетки. Яйцеклетка может оплодотворяться только в течение первых 20 мин после овуляции. Если в это время яйцеклетка не встретится со спермием, то она уже будет непригодной к оплодотворению. Такая яйцеклетка, попадая в матку яйцевода, претерпевает партеногенетическое дробление и погибает. В ее цитоплазме появляется большое количество вакуолей и желточных гранул.

После спаривания петуха с курицей спермии в течение первых 10—12 дней имеются во всех отделах яйцевода и могут участвовать в оплодотворении. После этого периода вероятность оплодотворения меньше. Поэтому брать яйца на инкубацию после указанного срока спаривания птиц не рекомендуется, так как выводимость резко снижается.

Овуляция (выпадение из фолликула) яйцеклетки происходит в течение 1—1½ мин, а поглощение ее воронкой — 5—7 мин. Спермии, которые продвигаются вверх по отделам яйцевода, встречают в воронке яйцеклетку и проникают через ее желточную оболочку. Один из них быстрее всех достигает бластодиска, где происходит оплодотворение, т. е. слияние яйцеклетки и спермия. Остальные спермии погибают и поглощаются блуждающими клетками (фагоцитами).

После слияния двух гамет (яйцеклетки и спермия) образуется оплодотворенная клетка — зигота с полным набором хромосом. Сегментация, или деление яйцеклетки, начинается с поступления желтка в перешеек яйцевода, примерно через 5 ч после овуляции. Через 20 мин за первичной бороздкой сегментации следует вторая, при поступлении яйцеклетки в матку бластодиск состоит из 4—8 бластомеров. В течение 24 ч пребывания яйца в яйцеводе успевает образоваться 128—256 бластомеров. Это первая стадия развития зародыша — бластула. В только что оплодотворенном и снесенном яйце зародыш чаще всего находится в начале следующей стадии — гаструлы. Начавшийся процесс развития зародыша в организме под влиянием внешней температуры временно прекращается. Зародыш в этой стадии имеет вид маленького белого пятнышка, он состоит из двух листков: наружного и внутреннего.

Развитие зародыша возобновляется, как только яйцо попадает в соответствующий температурно-влажностный режим, который создается в инкубаторе или под наседкой. У разных птиц период развития эмбриона, а следовательно, и период инкубации яйца различны: у кур 21 сутки, у уток 27, у гусей 29, у индеек и цесарок 28 суток.

Для лучшего оплодотворения яиц нужно держать в стаде самок определенное количество самцов: на 10—12 кур одного петуха, на трех гусынь одного гусака и т. д.

В литературе есть данные о том, что у птиц в редких случаях происходит развитие яйцеклетки без оплодотворения, так называемое

партеногенетическое развитие яйцеклеток. Однако, как правило, зародыши в таких яйцах погибают на разных стадиях инкубации. Полного объяснения этому явлению в науке пока нет.

Физиологическая скороспелость. Размножение птицы возможно лишь с наступлением половой зрелости. Половая зрелость — это определенная стадия роста и развития организма птицы, когда органы размножения вполне развиты и подготовлены для воспроизводства потомства. У самок и самцов при этом проявляется особая форма поведения — **п о л о в ы е р е ф л е к с ы**. Физиологическая скороспелость самок определяется их возрастом к моменту снесения первого яйца (табл. 16). Физиологическая скороспелость зависит от вида, породы и возраста птицы, а также от условий кормления и содержания.

Т а б л. 16. Физиологическая скороспелость у птиц различных видов

Вид и порода птиц	Возраст, дней	Вид и порода птиц	Возраст, дней
Куры яйценокских пород	140—150	Гуси	180—200
Куры мясных »	160—180	Индейки	180—200
Утки	140—160	Цесарки	150

В практике птицеводства наряду с понятием физиологическая скороспелость есть понятие хозяйственная пригодность птицы. Под последним имеется в виду пригодность птицы для рационального использования ее в хозяйственных целях. Хозяйственная пригодность птицы может быть позднее ее физиологической скороспелости.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятия. Изучить органы размножения курицы и петуха.

Материалы и инструменты: скальпели, ножницы, шпатель, ранорасширитель, курица, петух старше восьми месяцев.

З а д а н и е. Ознакомиться с топографией и строением органов размножения.

Птиц убивают. У петушков осматривают семенники. Находят семяпроводы. У кур рассматривают яичник, определяют размеры желточных шаров. Извлекают различного размера желточные шары и рассматривают их содержимое. Осматривают яйцевод. Прослеживают расположение яйцевода по всей длине (проводят его измерение). Зарисовывают яичник и яйцевод. Извлекают их из тушки и переносят на лист белой бумаги. Ножницами разрезают яйцевод по всей его длине, рассматривают секрет и слизистую оболочку в различных отделах.

Железы внутренней секреции

Железы внутренней секреции, или эндокринные железы, не имеют выводных протоков; вырабатываемые ими вещества — гормоны — поступают непосредственно в кровь.

В общем кровотоке гормоны разносятся по всему организму, участвуют в регуляции процессов обмена веществ, влияют на рост, развитие и половое созревание организма. Образование гормонов и их действие зависят от функции нервной системы. Благодаря такому взаимодействию в организме складывается единая нейрогуморальная регуляция физиологических процессов.

К органам внутренней секреции относятся: щитовидная, околотовидная железы, гипофиз, эпифиз, надпочечники, панкреатические островки Лангерганса и эндокринная часть половых желез — фолликулы яичника и интерстициальная ткань семенника. По некоторым данным (Ю. Т. Техвер), эндокринной активностью обладает также клоакальная, или фабрициева, сумка (рис. 93). Общим для всех желез внутренней секреции является то, что они построены по типу паренхиматозных органов и обильно снабжаются кровью. Паренхима каждой железы имеет свои особенности в строении и механизме выделения инкрета (гормона). Расстройства функции желез внутренней секреции ведут к появлению специфических заболеваний, называемых эндокринными. Закладываются эндокринные железы в эмбриональный период, и некоторые из них уже тогда начинают функционировать. Но основная роль эндокринных желез проявляется в постэмбриональный период развития.

Щитовидная железа состоит из двух долей округлой или эллипсоидной формы. Доли расположены по бокам трахеи у начала бронхов и прикрыты шейными воздухоносными мешками.

Железы окружены соединительной и жировой тканью, плотно связаны с общей артерией и яремной веной. Масса щитовидной железы у суточных цыплят 3—5 мг, у взрослой курицы 300—400 мг.

В эмбриональный период щитовидная железа состоит из недифференцированных эпителиальных клеточных шнуров. На 11—12-й день из них образуются отдельные пузырьки — фолликулы, клетки которых начинают функционировать. По содержанию секрета в фолликулах и структуре фолликулярного эпителия можно судить о функциональной активности железы.

Строение щитовидной железы изменяется под влиянием кормления: при избытке белка в рационе увеличивается ее размер, при В-авитаминозе щитовидная железа атрофируется.

В щитовидной железе образуется йодсодержащее белковое вещество — гормон **тироксин**. Количество йода в железе птиц больше, чем у млекопитающих, и достигает 0,5—0,6%.

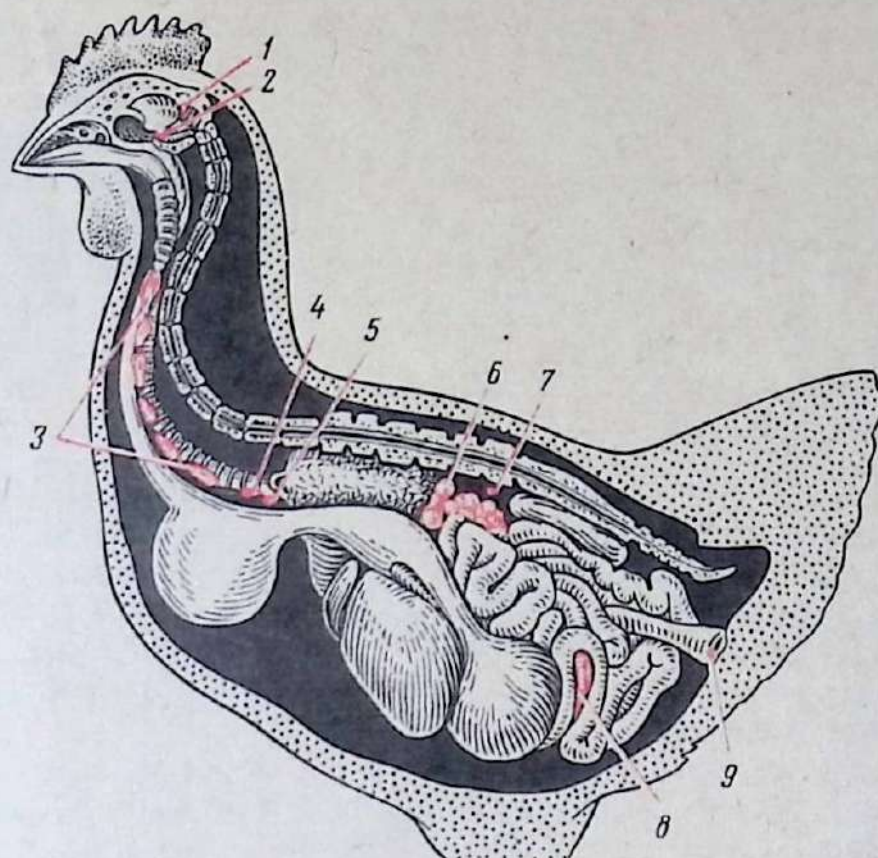


Рис. 93. Расположение желез внутренней секреции:

1 — эпифиз; 2 — гипофиз; 3 — зобная (тимус), 4 — щитовидная и 5 — паращитовидная железы; 6 — яичник; 7 — надпочечники; 8 — поджелудочная железа (островки Лангерганса); 9 — фабрициева сумка.

При чрезмерном усилении функции щитовидной железы увеличивается количество тироксина, поступающего в кровь. Это повышает уровень газообмена на 10—15%, изменяет белковый обмен, усиливает распад жиров в организме, вследствие чего повышаются температура тела и возбудимость птицы, наступает исхудание.

Тироксин, введенный в воздушную камеру инкубируемого яйца, затормаживает развитие эмбриона.

Удаление щитовидной железы в постэмбриональный период развития цыплят задерживает их рост и развитие. Цыплята, у которых щитовидную железу удалили в 17-дневном возрасте, к 150-дневному возрасту имели живую массу 270 г, тогда как нормальные цыплята весили 2 кг. Введение гормона щитовидной железы восстанавливает их рост. Пересадка кусочка щитовидной железы под скорлупу инкубируемых куриных яиц ускоряет закладку перьевых сосочков.

При удалении щитовидной железы у петухов и селезней уменьшаются семенники, подавляется сперматогенез. Пятикратное введение тироксина увеличивает у них половые железы.

Тироксин в оптимальных количествах ускоряет созревание фолликулов, стимулирует активность яичников. Повышенное коли-

чество тироксина в крови затормаживает функцию половых желез, снижает яйценоскость, вызывает линьку. Скармливание свежей или сушеной железы, ее препаратов, а также инъекции тироксина вызывают линьку. Это действие сказывается по истечении определенного времени: у кур 7—10 дней и больше, у голубей через 5 дней, но затем линька протекает быстро, в течение 5—10 дней. Искусственно вызванная линька осуществляется в такой же последовательности, как и естественная.

Паращитовидные, или околощитовидные, железы имеют серовато-розовый цвет и шаровидную форму. Расположены они у заднего края щитовидных желез или на некотором расстоянии от них. Масса паращитовидных желез у кур равна 16—20 мг, она изменяется в зависимости от пола птиц (у петухов меньше), сезона года, освещенности и кормления.

Паращитовидные железы состоят из эпителиальных шнуров, разьединенных тонкой прослойкой соединительной ткани. В шнурах имеются главные и ацидофильные клетки (окрашиваются эозином). Предполагают, что образование гормона связано с ацидофильными клетками. Инкрет, вырабатываемый паращитовидными железами, накапливается в виде коллоида в пузырьках (гранулах), находящихся в секретирующих клетках.

Удаление паращитовидных желез у уток вызывает их гибель в течение суток, а у кур-несушек не приводит к гибели птицы, но обуславливает возникновение различных аномалий яйцекладки. Функция паращитовидных желез связана с обменом кальция в крови, они активизируют и стимулируют высвобождение кальция из костной ткани. Благодаря этой функции, которая особенно резко выражена в период яйценоскости, паращитовидные железы принимают косвенное участие в процессе скорлупообразования. Инъекция цыплятам препарата, приготовленного из паращитовидной железы, вызывает повышение количества кальция в крови. Масса паращитовидных желез резко возрастает при недостатке кальциферола или кальция в рационе.

Панкреатические островки, или островки Лангерганса, имеются в поджелудочной железе; они выполняют эндокринную функцию — вырабатывают гормон инсулин. После удаления поджелудочной железы птицы сильно худеют, в половых железах наблюдается перерождение.

Введение инсулина половозрелым птицам вызывает уменьшение семенников, у самок тормозится овуляция. Инсулин усиливает окисление углеводов в тканях и повышает способность печени откладывать гликоген. В этом смысле инсулин является противоположным по действию гормону надпочечников адреналину. Инсулин облегчает образование жира из углеводов и стимулирует синтез белков. При недостаточной функции панкреатических островков и снижении количества инсулина в крови количество сахара в ней увеличивается, иногда появляется сахар в моче.

Надпочечники. В зависимости от соотношения количеств мозгового и коркового вещества, а также содержания железа и липохрома надпочечники имеют серовато-желтый, оранжевый или бледно-красный цвет. У взрослых птиц они темно-коричневые, расположены по

обе стороны брюшной аорты на вентральной поверхности почек. У взрослых кур правый надпочечник весит 0,09—0,46 г, левый — 0,08—0,42 г.

Клетки коры и мозгового вещества надпочечников образуют тяжи, которые переплетаются между собой, поэтому у птиц нет четкого разделения слоев, как это имеется в надпочечниках млекопитающих. Снаружи надпочечники покрыты тонкой полупрозрачной оболочкой, состоящей из коллагеновых и эластических волокон.

Главные и кортикальные тяжи состоят из клеток, цитоплазма которых большей частью заполнена митохондриями и вакуолями. Главные тяжи изгибаются и соединяются между собой, образуя сетчатую зону. К поверхности надпочечников главные тяжи имеют радиальное расположение. Промежуточные, или медуллярные, тяжи образуются клетками мозгового вещества, родственными клеткам симпатической нервной системы.

Левый надпочечник снабжается кровью по артерии, которая берет начало от аорты или почечной артерии. Правый надпочечник снабжается кровью по ветви, начинающейся от правой почечной артерии. Центральной вены в надпочечниках птиц нет, венозная кровь вытекает из них через несколько сосудистых ветвей.

При В-авитаминозе наблюдается гипертрофия надпочечников.

В мозговом веществе надпочечников образуются и выделяются гормоны *адреналин* и *норадреналин*. Кортикальная часть надпочечника принимает активное участие в приспособительных реакциях организма к факторам внешней среды.

Адреналин, выделяемый надпочечниками, оказывает большое влияние на углеводный обмен в организме: он стимулирует распад гликогена в печени и переход его в глюкозу, вследствие чего количество сахара в крови увеличивается. Адреналин повышает возбудимость сердечной мышцы, усиливает работу сердца, сужает просвет кровеносных сосудов и тем самым повышает кровяное давление, расслабляет мышцы бронхов, угнетает перистальтику кишечника. Адреналин воздействует на мышцы пера: они сокращаются и перо поднимается. В утомленной мышце адреналин повышает возбудимость и восстанавливает ее работоспособность. Возбуждение чревного нерва, который иннервирует надпочечники, усиливает образование адреналина. В обычных условиях количество адреналина в организме незначительно, но при повышенной возбудимости резко возрастает образование и поступление его в кровь. Это вызывает сужение кровеносных сосудов и отток крови к внутренним органам. При этом заметно бледнеет кожа.

В момент опасности или напряженной работы надпочечники под влиянием нервных импульсов, идущих из центральной нервной системы, резко усиливают свою деятельность. Адреналин, выделяющийся в повышенных количествах, возбуждает нервную систему и мобилизует все силы организма.

Норадреналин действует на организм, подобно адреналину, однако имеется и различие, в некоторых функциях он оказывает

противоположное влияние. Например, адреналин учащает ритм сердечных сокращений, а норадреналин замедляет их.

Адреналин и норадреналин объединены под названием катехоламины, так как они являются производными катехола. Катехоламины быстро (в течение 15—20 с) разрушаются ферментами (аминоксидазой и тирозиназой).

Несмотря на малый размер надпочечников, их роль в организме очень велика и удаление их вызывает гибель птицы. Значение коркового вещества надпочечников у птиц изучено еще недостаточно. Это связано с тем, что его трудно отделить от мозгового. По аналогии с корковой частью надпочечников млекопитающих животных полагают, что у птиц в клетках коркового слоя вырабатываются и поступают в кровь стероидные гормоны кортикоиды. Гормоны коры надпочечников влияют на обмен углеводов, жиров, белков в печени и мышцах. Они поддерживают водный обмен, кровообращение и фильтрацию воды в почечных клубочках. В клетках коры надпочечников вырабатываются в небольшом количестве также половые гормоны: андрогены (мужские) и эстрогены (женские). Синтез кортикостероидов регулируется нервной системой.

Гипофиз, или нижний мозговой придаток, расположен в углублении основания черепа, за перекрестком зрительных нервов. Масса гипофиза у суточного цыпленка 1 мг, у взрослых кур от 15 до 40 мг. В период интенсивной половой активности размер гипофиза у петухов уменьшается, в период покоя увеличивается.

Задняя доля гипофиза, развивающаяся из нервной ткани промежуточного мозга и связанная с ним ножкой, называется **нейрогипофизом**. Железистая, или передняя, доля гипофиза носит название **аденогипофиза**.

Аденогипофиз продуцирует различные гормоны: **фолликулостимулирующий** — вызывает рост фолликулов в яичнике, а у самцов влияет на образование спермиев; **лютеинизирующий** — у самцов стимулирует образование полового гормона, у несушек поддерживает непрерывность цикла яйцекладки; **тиреотропный** — стимулирует деятельность щитовидной железы; **адренокортикотропный** — повышает деятельность щитовидной железы и коркового вещества надпочечников (усиливает процессы синтеза в нем); **соматотропный** — влияет на рост органов и тканей.

Нейрогипофиз продуцирует два гормона — **окситоцин** и **антидиуретин**. **Антидиуретин** способствует обратному всасыванию воды в канальцах почек и вследствие этого уменьшает мочеотделение (диурез). Вместе с кортикостероном коркового вещества надпочечников он регулирует водный обмен. **Окситоцин** усиливает сокращение гладкой мускулатуры матки и кишечника.

Гипофиз тесно связан с центральной нервной системой и быстро реагирует на воздействия внешней среды. Вегетативным центром для него является подбугровая часть головного мозга. Раздражение

последней вызывает усиленное отделение гормонов гипофиза. Удаление передней доли гипофиза вызывает замедление роста тела. Наблюдаются ожирение, вялость, пониженная возбудимость. Основной обмен снижается на 30—40%, температура тела — на 1—1,5°.

Эпифиз (шишковидная железа, верхний мозговой придаток) расположен в щели между полушариями и мозжечком. Он имеет форму треугольной пирамиды размером 2×1 мм. Эпифиз покрыт соединительнотканной капсулой, с помощью которой он присоединяется к твердой мозговой оболочке и соединяется с междольковыми перегородками. Внутри эпифиз также разделяется на отдельные дольки соединительной тканью. В ней имеются кровеносные сосуды и скопления лимфоцитов. Эндокринная функция эпифиза изучена недостаточно. В отдельных опытах при удалении эпифиза у петушков наблюдалось преждевременное половое созревание.

Половые железы вырабатывают различные гормоны, которые имеют большое значение для роста и развития организма. В фолликулах яичника птиц образуются женские половые гормоны — эстрогены (фолликулин, прогестерон). Эстрогены, поступая в кровь, стимулируют и подготавливают яйцевод к проведению и формированию яйца.

В семенниках образуются мужские половые гормоны — андрогены. Поступая в кровь, они влияют на развитие вторичных половых признаков (головной убор, оперение), а также на развитие мускулатуры, обмен веществ и поведение птицы.

Лишение половых желез (кастрация птиц) снижает уровень окислительных процессов в организме. Усиливается жиротложение. У самцов исчезают вторичные половые признаки, изменяется поведение. При пересадке половых желез вторичные половые признаки (гребень, оперение) снова развиваются. При пересадке кастрату половых желез курицы, а курице половых желез петуха появляются признаки и половые рефлексы, свойственные железам, которые им пересажены. Петух становится похожим на курицу, а курица — на петуха.

Фабрициева сумка является мешковидным образованием у молодняка птиц, расположена на дорсальной стенке в клоаке. Слепым концом она направлена к позвоночнику, а задним концом переходит в короткую шейку и открывается в клоаку. Стенки сумки состоят из слизистой, мышечной и серозной оболочек. Слизистая оболочка образует 12—14 продольных складок, покрытых по краям и сторонам многорядным призматическим эпителием, а в глубине между складками — однослойным цилиндрическим и кубическим эпителием, содержащим отдельные бокаловидные клетки. В продольных складках имеется лимфоидная ткань в виде узелков (40—50). Узелки состоят из центрального мозгового вещества и периферического коркового. Мозговое вещество отделено от коры базальной мембраной. По мнению ряда авторов, фабрициева сумка выполняет эндокринную функцию, аналогичную вилочковой железе. Другие исследователи считают, что это лимфоидный орган, играющий роль в защитных функциях организма.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятия. Изучить железы внутренней секреции.

Материалы и инструменты: тушки курицы и петуха, ножницы, пинцеты, скальпель, препаровальные иглы, марлевые салфетки, лупы.

З а д а н и е. Изучить морфологию и топографию желез. Делают разрез брюшной полости по белой линии, производят резекцию ребер у основания и вскрывают брюшную полость. Удаляют грудную клетку и пищеварительный тракт; сохраняют лишь прямую кишку, клоаку, чтобы рассмотреть место впадения семяпроводов, расположение фабрициевой сумки. Осторожно удаляют печень с желчным пузырем и сердце. После удаления их становятся хорошо видимыми почки, а в краниальной части надпочечники белого или слабо-розового цвета.

Вскрыв кожу шейной части до ключицы, можно найти тимус (зобную железу), расположенную близко к пищеводу по его длине. В каудальной части ее, за границей ключицы, лежат небольшие, белого цвета дольки щитовидной и здесь же парашитовидных желез.

Остроконечными ножницами вскрывают череп, осторожно извлекают мозг, в нижней его части находят гипофиз.

Рассматривают поджелудочную железу, а в клоаке — топографию фабрициевой сумки. Пользуясь рисунками и красочными таблицами, необходимо уяснить общее строение желез внутренней секреции. Изучить под микроскопом препараты желез внутренней секреции.

Глава XI

Нервная система

Нервная система координирует все физиологические процессы, происходящие в организме, и тем самым обеспечивает четкую и слаженную работу всех его органов. Наряду с этим нервная система обеспечивает взаимосвязь организма с внешней средой.

Благодаря нервным окончаниям — внутренним и внешним рецепторам — организм получает информацию об изменениях, происходящих на периферии и внутри тела. Воспринятые раздражения анализируются в центральной нервной системе, в результате чего формируется ответная реакция организма. Благодаря этому птица хорошо ориентируется в окружающей обстановке, чутко и тонко приспосабливается к факторам внешней среды, к условиям своего существования.

Нервная система начинает закладываться в первые сутки развития эмбриона в виде удлинённых клеток. Они быстро развиваются и образуют нервную пластинку с валиками по краям. Края желобка соединяются между собой, формируя нервную трубку, заполненную жидкостью. Из широкой передней части нервной пластинки закладывается зачаток головного мозга, а из узкой — спинной мозг с дорсальными и вентральными бороздками.

Нервная система птиц разделяется на центральную и периферическую.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

К центральной нервной системе относятся: головной мозг, спинной мозг и спинномозговые ганглии.

Строение и функция головного мозга. Головной мозг расположен в полости черепа. Он имеет три оболочки: наружную (твёрдую), среднюю (паутинную) и внутреннюю (мягкую).

Твёрдая мозговая оболочка состоит из волокнистой соединительной ткани и отделяет мозг от костной основы. Средняя оболочка сформирована из рыхлой соединительной ткани с небольшим количеством кровеносных сосудов. Мягкая оболочка прочно соединяется с мозгом и выстилает все его неровности. Твёрдая мозговая оболочка плотно срастается с надкостницей, выстилающей полость черепа, и образует одно целое. Твёрдая оболочка у птиц имеет две складки: продольную, вдающуюся между обоими полушариями (серповидная складка головного мозга), и поперечную — между большим мозгом и мозжечком (мозжечковый шатер).

Головной мозг у птиц в отличие от головного мозга рептилий имеет более сильно развитые полушария мозга, главным образом в результате разрастания полосатых тел.

Головной мозг разделяют на большой и ромбовидный (мозжечок и продолговатый мозг) (рис. 94).

Большой мозг объединяет большие полушария, средний и промежуточный мозг.

Большие полушария разделены глубокой щелью на два больших полушария. Они серовато-красного цвета. Затылочная часть больших полушарий сильно развита и касается мозжечка, а с боков охватывает зрительные доли среднего мозга.

Между полушариями лежит белое мозговое вещество, которое

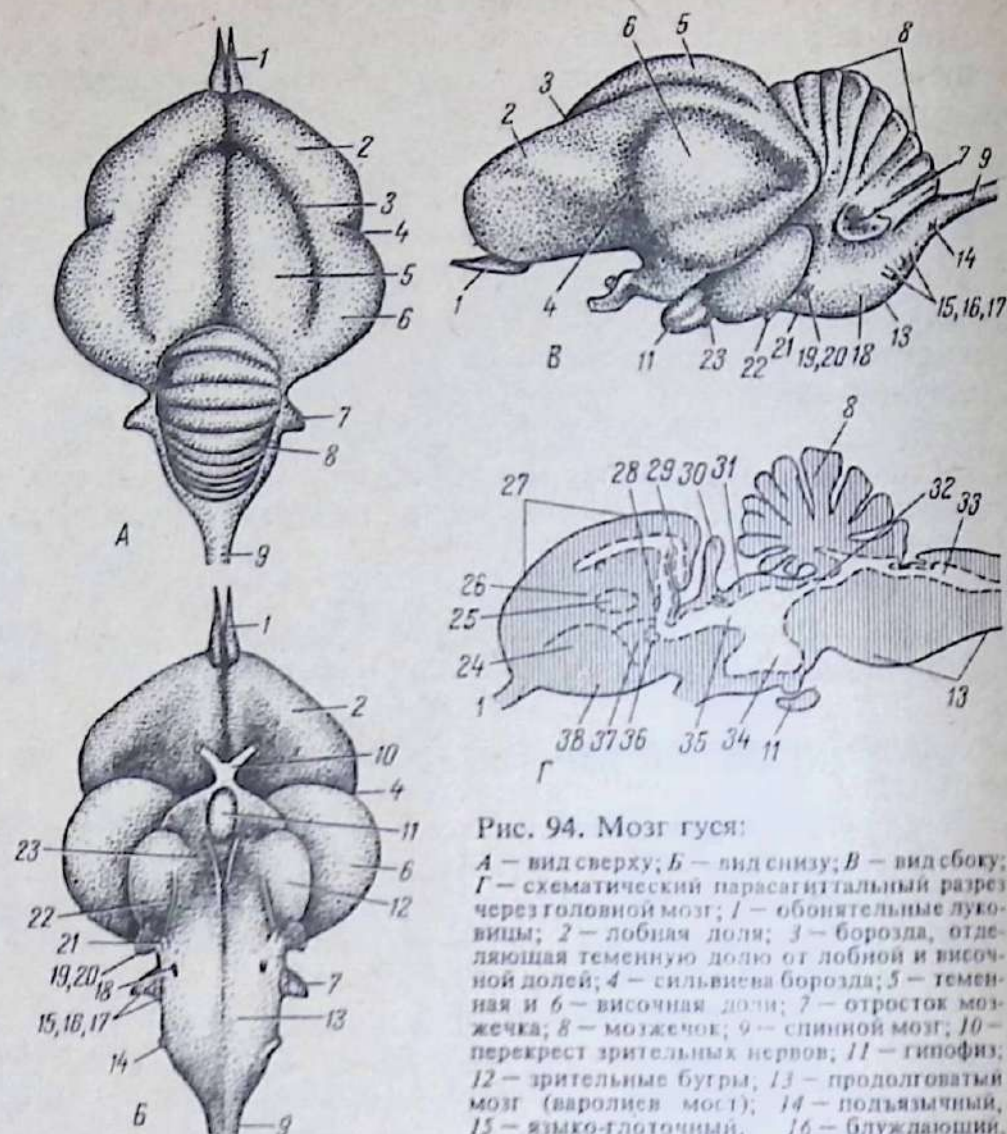


Рис. 94. Мозг гуся:

А — вид сверху; Б — вид снизу; В — вид сбоку; Г — схематический парасагитальный разрез через головной мозг; 1 — обонятельные луковицы; 2 — лобная доля; 3 — борозда, отделяющая теменную долю от лобной и височной долей; 4 — сylvиева борозда; 5 — теменная и 6 — височная доли; 7 — отросток мозжечка; 8 — мозжечок; 9 — спинной мозг; 10 — перекрест зрительных нервов; 11 — гипофиз; 12 — зрительные бугры; 13 — продолговатый мозг (варолиев мост); 14 — подъязычный, 15 — языко-глоточный, 16 — блуждающий, 17 — добавочный, 18 — отводящий, 19 — лицевой, 20 — слуховой, 21 — тройничный, 22 — блоковый и 23 — глазодвигательный нервы; 24, 25, 37 — дифференцированные части полосатого тела; 26 — полосатое тело; 27 — полушария переднего мозга; 28 — комиссура; 29 — передние сосудистые сплетения; 30 — эпифиз; 31 — средний мозг; 32 — третий и 33 — четвертый желудочки; 34 — промежуточная масса зрительных бугров; 35 — сylvиев водопровод; 36 — передняя комиссура; 38 — обонятельная область.

называется **мозолистым телом**. Оно образовано поперечными мозговыми волокнами, соединяющими полушария. У птиц мозолистое тело развито слабо. В телах полушарий заложены боковые желудочки мозга. На дне каждого желудочка имеется бугорок. Свод и боковые стенки желудочков образованы очень тонким слоем серого вещества. В месте соединения полушарий имеются слабо развитые мозговые ножки.

В больших полушариях различают **плащ** и **обонятельный мозг**, разделенные боковыми желудочками.

Плащ образован из серого и белого вещества мозга. Серое вещество составляет кору плаща и полушарий большого мозга. В коре располагаются мозговые отделы анализаторов и двигательные центры всех органов тела. Кора полушарий большого мозга является высшим отделом центральной нервной системы, который координирует функ-

дии всех других нижележащих нервных центров. В отличие от таковой животных кора полушарий птиц имеет гладкую поверхность (только у попугая есть одна извилина). Белое вещество мозга состоит из мякотных и безмякотных отростков — **н е й р о н о в**. Вдоль кровеносных сосудов расположены прослойки рыхлой соединительной ткани. В белом веществе расположены **полосатые тела**.

К о б о н я т е л ь н о м у мозгу относятся: обонятельные луковицы и обонятельные тракты, грушевидные доли, бугорки дна боковых желудочков. Обонятельные луковицы (их две) имеют яйцевидную форму, расположены на вентральной поверхности полушарий большого мозга, позади переднего конца мозга. В них заканчиваются обонятельные нервы, идущие из обонятельной части слизистой оболочки носа. В силу недостаточно развитого чувства обоняния у сельскохозяйственных птиц обонятельные луковицы развиты слабо.

Средний мозг у птиц развит хорошо. Он прикрыт полушариями, расположен между продолговатым и промежуточным мозгом. Средний мозг состоит из двухолмия и ножек большого мозга, между которыми имеется широкая полость. Ножки большого мозга — это отростки нейронов, которые составляют проводящие пути из коры больших полушарий головного мозга в спинной мозг. Ядра двухолмия состоят из чувствительных нейронов, идущих от дорсальных рогов спинного мозга. Они воспринимают световые и звуковые импульсы. Особенно хорошо развиты у птицы зрительные доли среднего мозга. В этих долях происходит первичный анализ световых раздражений. Здесь же находится центр сужения зрачка. В двухолмии имеются также центры, осуществляющие ориентировочные реакции на свет и звук. Красные ядра, находящиеся между ножками мозга, связаны с мозжечком, подкорковыми ядрами, зрительными буграми, корой больших полушарий. Они регулируют тонус мышц разгибателей.

Промежуточный мозг у птиц очень короткий, почти полностью закрыт полушариями и с дорсальной стороны едва заметен. Он находится между средним и конечным мозгом. В состав его входят два зрительных бугра, гипофиз, третий мозговой желудочек и подбугорье. В зрительных буграх сосредоточены все чувствительные центры наружных (кожных) и внутренних органов. Ниже зрительных бугорков расположена подбугровая область, где сосредоточены высшие вегетативные центры.

Отростки нейронов зрительных бугров связаны с нейронами среднего и спинного мозга, а также с нейронами коры больших полушарий. Между зрительными буграми расположен третий мозговой желудочек, который соединяется отверстием с боковыми, а узким каналом с четвертым мозговым желудочками. Последний соединен с центральным каналом спинного мозга. Таким образом, все мозговые желудочки соединены между собой. В них находится спинномозговая жидкость.

В промежуточном мозге находятся высшие подкорковые центры вегетативной иннервации. Поэтому через него осуществляются все вегетативные функции организма: обмен веществ, терморегуляция и пр.

Ромбовидный мозг состоит из мозжечка и продолговатого мозга.

Мозжечок имеет относительно большой объем. Он состоит из средней (червячок) и двух слабо развитых боковых долей. Поверхностный слой, или кора, мозжечка состоит из серого вещества. На разрезе видны древовидные разветвления, в глубине которых находится белое вещество, образованное из длинных отростков клеток Пуркинье и нейроглии. Мозжечок своими афферентными и эфферентными путями связан со всеми отделами центральной нервной системы. Он является органом координации движений.

Продолговатый мозг краниально без перерыва переходит в ножки большого мозга, а каудально — в спинной мозг, от которого он отличается кривизной на вентральной поверхности. Сверху продолговатый мозг имеет углубление — ромбовидную ямку, прикрытую мозжечком. Это четвертый мозговой желудочек. По гистологическому строению продолговатый мозг отличен от других отделов головного мозга тем, что серое вещество его разбросано среди белого в виде скоплений (ядер). Белое вещество состоит из мякотных волокон. Продолговатый мозг является проводником импульсов, идущих от вышележащих отделов мозга к спинному мозгу и в обратном направлении. В его отдельных ядрах заложены центры дыхания, секреции пищеварительных желез, сердечной деятельности, регуляции обмена веществ, защитных рефлексов.

Продолговатый мозг участвует в сохранении тонуса мускулатуры. Получая импульсы от внутреннего уха, при участии среднего мозга продолговатый мозг поддерживает правильное положение тела в пространстве. От продолговатого мозга отходят 8 пар (V—XII) черепно-мозговых нервов.

Строение и функция спинного мозга. Спинной мозг имеет форму белого гладкого шнура. Он расположен по длине всего позвоночного столба, начинаясь от краниального края первого шейного позвонка и заканчиваясь в канале крестца в виде тонкой нити. По ходу мозга имеются два утолщения: шейное, дающее начало нервам грудных конечностей (крыльев), и пояснично-крестцовое, из которого выходят нервы для тазовых конечностей.

Спинной мозг имеет такие же три оболочки, как и головной мозг. Но между твердой оболочкой спинного мозга и стенкой позвоночного канала имеется пространство, которое заполнено спинномозговой жидкостью. В спинном мозге проходит центральный спинномозговой канал, вокруг которого расположено серое вещество, состоящее из тел нейронов. Белое вещество, расположенное по периферии, состоит из нервных волокон, образующих центральные проводящие пути. На разрезе серое вещество напоминает букву Н, у птиц этот рисунок слабо выражен. Серое вещество образует рога: дорсальные — чувствительные и вентральные — двигательные; между ними расположены слабо выраженные боковые рога — чувствительно-двигательные (рис. 95). Вентральные рога серого мозгового вещества образуются телами двигательных нейронов, от которых отходят эфферентные отростки (аксоны) в скелетную мускулатуру. Возле спинного мозга эти

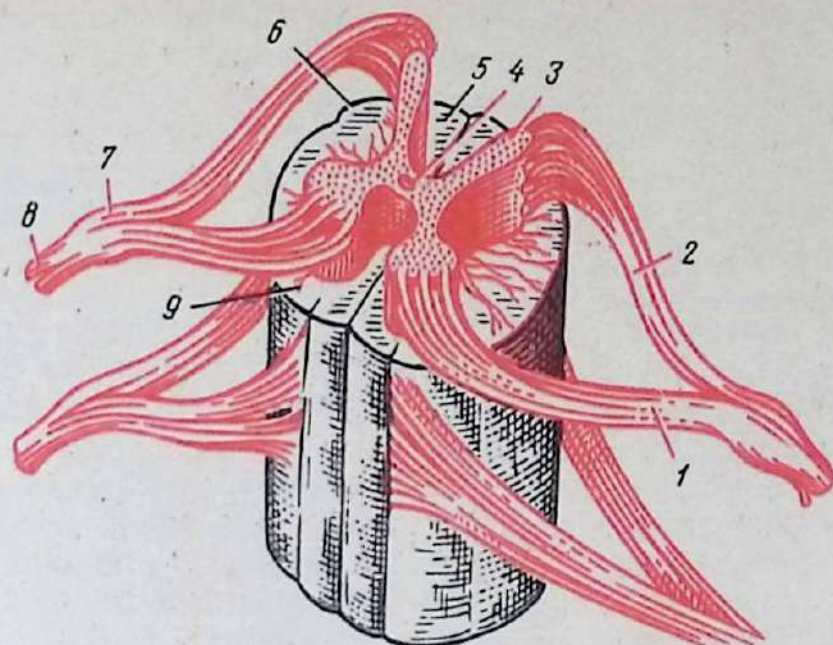


Рис. 95. Спинной мозг в разрезе:

1 — нижний и 2 — верхний корешки; 3 — дорсальный рог; 4 — спинномозговой канал; 5 — дорсальный и 6 — боковой канатики; 7 — спинномозговой узел; 8 — спинномозговой нерв; 9 — вентральный канатик.

отростки образуют вентральные (нижние) корешки. Дорсальные рога образованы афферентными и вставочными нейронами. Тела афферентных нейронов лежат в спинномозговых ганглиях (узлах). Их дендриты идут к периферии и заканчиваются рецепторами, а нейриты (афферентные отростки) образуют дорсальные чувствительные корешки спинномозговых нервов, которые передают свои импульсы на вставочные нейроны и далее на двигательные нейроны или в головной мозг. В боковых рогах серого вещества находятся тела симпатических двигательных нейронов. Дорсальные и вентральные спинномозговые корешки, соединяясь между собой, выходят из межпозвоночного отверстия в виде смешанного (чувствительного и двигательного) спинномозгового нерва.

Рога серого вещества спинного мозга разделяют белое мозговое вещество на три пары канатиков: дорсальные — расположенные между дорсальными рогами серого вещества, боковые — между дорсальными и вентральными рогами с каждой стороны, вентральные — между вентральными рогами. Дорсальные канатики состоят из отростков чувствительных нейронов, по ним передается возбуждение с кожи и скелетных мышц в головной мозг. Вентральные канатики образуются из отростков двигательных нейронов, по ним передается возбуждение из головного мозга к двигательным нейронам спинного мозга, а от них к мускулатуре. В боковых канатиках имеются отростки чувствительных и двигательных нейронов.

Спинной мозг выполняет функции органа центральной регуляции, а также проводника нервных возбуждений к высшим отделам центральной нервной системы и в обратном направлении. Все двигательные нервы, за исключением иннервирующих мышц головы, начинаются из

спинного мозга. Все симпатические и часть парасимпатических нервов также исходят от спинного мозга. Через спинной мозг приводятся в активное состояние мышцы туловища и конечностей, гладкие мышцы стенок сосудов, мышцы, участвующие в дефекации и удалении мочи и др. В спинном мозге расположены нервные центры, которые представляют собой скопления нейронов, участвующих в осуществлении рефлекторных процессов.

У птиц поясничная часть позвоночника сросшаяся с крестцовой, поэтому спинномозговые нервы разделяются у них на шейные, грудные (спинные), позвоночно-крестцовые и хвостовые.

В шейном отделе спинного мозга находится центр диафрагмальных нервов (у птиц развит слабо). В шейном, грудном и крестцово-поясничном отделах находятся двигательные нервные центры, управляющие мускулатурой крыльев, груди, хлупа, спины, нижних конечностей. В пояснично-крестцовом отделе расположены центры мочеотделения, дефекации, эякуляции и яйцекладки (в крестцовом отделе). Через симпатические и парасимпатические нервные волокна центры спинного мозга оказывают влияние на внутренние органы.

Ретикулярная формация мозгового ствола, или сетевидное образование, — это скопление нервных клеток разных вида и величины, разделенных волокнами, идущими во всех направлениях. Сетевидное образование расположено от спинного мозга до зрительных бугорков и связано с этими отделами проводящими путями.

Сетевидное образование, будучи возбужденным, обладает свойством длительное время оставаться в таком состоянии и оказывать влияние на рефлекторную деятельность спинного мозга, тонус продолговатого мозга и отдельные центры коры больших полушарий. Поэтому ретикулярная формация называется восходящей активизирующей системой.

ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

К периферической нервной системе относятся нервы, отходящие от спинного и головного мозга. Нервы, идущие к скелетным мышцам, коже, сухожилиям и связкам, называются *соматическими*. Они обеспечивают чувствительные и двигательные функции аппарата движения и кожного покрова. Нервы, идущие к внутренним органам, кровеносным сосудам, железам, называются *вегетативными*. Через них осуществляется регуляция органов кровообращения, дыхания, выделения, размножения, обмена веществ.

Тела соматических нейронов находятся в дорсальных и вентральных рогах спинного мозга или в соответствующих ядрах черепномозговых нервов. Соматические нервы толще и возбудимее вегетативных.

Между соматической и вегетативной нервными системами имеется тесная взаимосвязь. В некоторых стволах вегетативной нервной системы проходят афферентные соматические волокна. Раздражая соматические нервы, можно вызвать вегетативный рефлекс. Болевые ощущения возникают в результате вегетативной реакции, но их можно вызвать, раздражая и соматические рецепторы кожи.

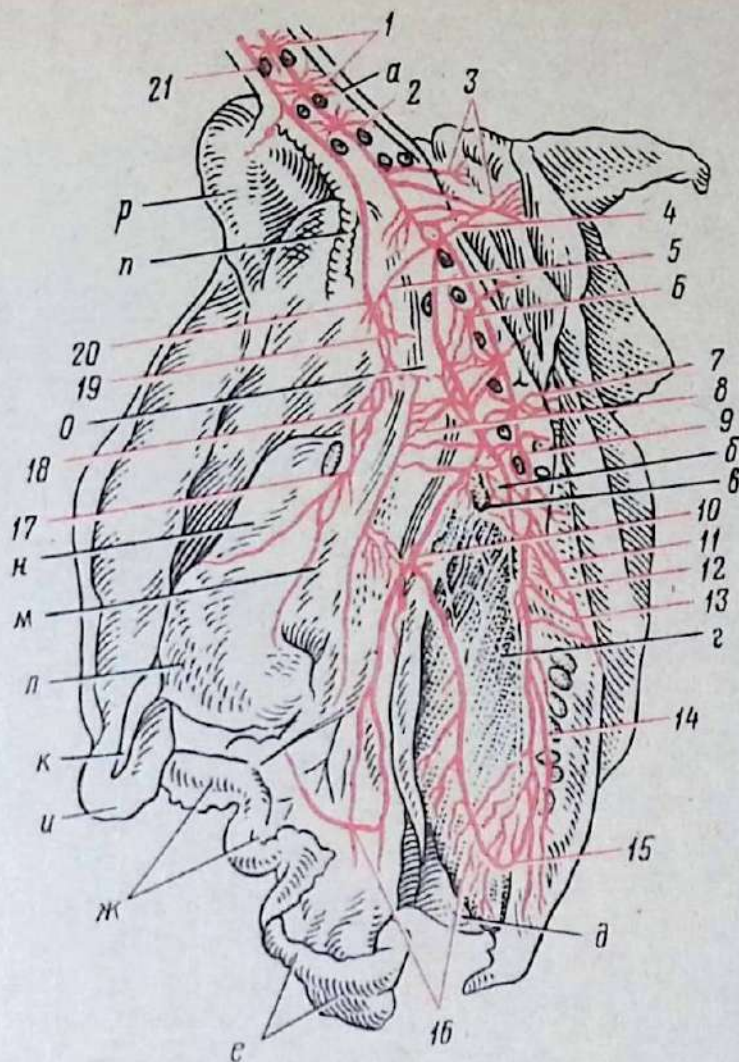


Рис. 96. Вегетативная нервная система:

1 — ганглии; 2 — шейный отдел симпатического нерва; 3 — плечевое сплетение; 4 — ганглии грудных нервов; 5 — сердечно-легочный нерв; 6 — грудной отдел симпатического нерва; 7 — чревное сплетение; 8 — большой внутренний нерв; 9 — краниальное брыжеечное сплетение; 10 — малый внутренний нерв; 11 — пояснично-крестцовый нерв; 12 — соединительные ветви; 13 — пояснично-крестцовое сплетение; 14 — конечные ветви симпатического ствола; 15 — клоакальное сплетение; 16 — кишечный нерв; 17 — желудочное сплетение; 18 — соединение обоих вагусов; 19 — сердечно-легочное сплетение; 20 — возвратный нерв; 21 — вагус; а — шейные позвонки (в разрезе); б — надпочечники; в — семенники; г — почка; д — клоака; е — слепые кишки; ж — тонкая кишка; и — двенадцатиперстная кишка; к — поджелудочная железа; л — мышечный отдел желудка; м — железистый отдел желудка; н — печень; о — легкие; п — трахея; р — зоб (по Н. А. Васнецову).

Деятельность соматических и вегетативных отделов контролируется и координируется корой больших полушарий.

Спинномозговые нервы — это пучки нервных волокон, объединенных соединительной тканью и окруженных оболочкой. Все спинномозговые нервы относятся к смешанным, так как они состоят из чувствительных и двигательных нервных волокон. В составе их имеются отростки нейронов вегетативного отдела нервной системы, которые иннервируют кровеносные сосуды и копчиковую железу. Спинномозговой нерв, выйдя из межпозвоночного отверстия, дает ответвления: вверх — к мышцам и коже спины, вниз — к мышцам и коже конечностей, вентральной и боковой мускулатуре туловища. Число спинномозговых нервов соответствует количеству позвонков; в шейной части нервов на одну пару больше, чем позвонков.

Спинномозговые нервы делят соответственно отделам позвоночника на шейные, грудные (спинные), пояснично-крестцовые, хвостовые (рис. 96). На уровне двух утолщений спинного мозга — шейного и пояснично-крестцового — спинномозговые нервы анастомозируют, образуя плечевое и пояснично-крестцовое сплетения.

Плечевое сплетение состоит из двух или трех последних шейных нервов и первого грудного. Из плечевого сплетения выходят дорсальные и вентральные грудные нервы, дорсальные разветвляются в реберных мышцах, вентральные иннервируют мышцы ключицы и груди; подлопаточные нервы иннервируют мышцы лопатки; пояснично-крестцовые нервы переходят через плечо к коже и мышце, поднимающей плечо; лучевой нерв (один из крупных в плечевом сплетении) дает ответвление к мышцам-разгибателям локтевого сустава, переходит на латеральную поверхность плечевой кости и дает ветви к коже и летательной перепонке, затем тянется к разгибательным мышцам и доходит до конца крыла, оканчиваясь в коже; медиальный кожный нерв (самый тонкий и в то же время самый длинный) разветвляется на медиальной поверхности плеча, оканчивается в коже; срединный нерв, он же локтевой, самый большой по диаметру, вначале дает ветвь к двуглавой мышце плеча — мышечно-кожный нерв, затем на медиальной поверхности плеча разделяется на локтевой и собственно срединный нервы: первый проходит по каудальному краю локтевой кости, дает несколько ответвлений к мышцам и оканчивается в коже, второй дает ответвления к коже, мышцам-сгибателям, идет в глубине между костями предплечья, где имеет ответвления к мелким мышцам пясти, оканчивается в коже конца крыла; шейные нервы разветвляются в мышцах и коже шеи.

Грудные, или спинные, нервы иннервируют в основном грудные мышцы. Они имеют межреберные отростки, которые переходят на спину и там соединяются с нервами симпатической системы. Последний грудной нерв входит в пояснично-крестцовое сплетение.

Пояснично-крестцовое сплетение. Поясничное сплетение образуется задними поясничными и передними хвостовыми нервами. Из поясничного сплетения выходят бедренный нерв, иннервирующий кожу и мышцы бедра, и запирающий нерв, который проходит через запертое отверстие таза и оканчивается в мышцах, поворачивающих бедро медиально (рис. 97).

Крестцовое сплетение образуется большими четырьмя или пятью нервами, расположенными в тазовой полости; соединяясь на уровне углубления подвздошной кости, они образуют седалищный нерв, который выходит из полости таза через седалищное отверстие.

Седалищный нерв — самый большой в теле птицы; он проходит на медиальной стороне двуглавой мышцы бедра, перед коленным суставом разветвляется на две ветви — малоберцовый и большеберцовый нервы.

Малоберцовый нерв проходит на латеральную, а потом на дорсальную поверхность голени, отдавая ответвления к мышцам, затем

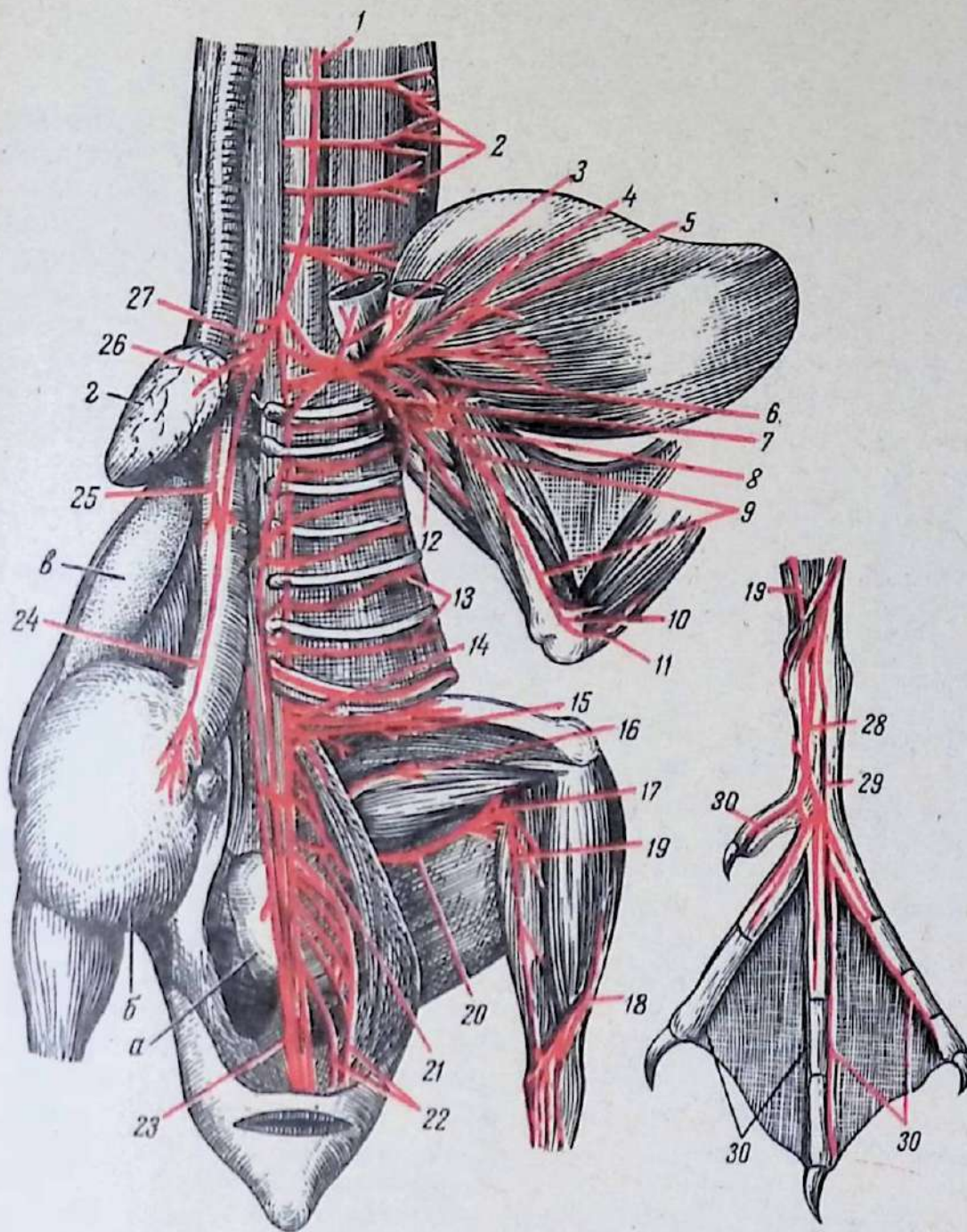


Рис. 97. Нервы туловища и конечности утки (по Д. М. Автократову):

1 — левый блуждающий нерв; 2 — главные ветви вентральных шейных нервов; 3 — передние грудные нервы; 4 — плечевое сплетение; 5 — передние (вентральные) грудные нервы; 6 — мышечно-кожный нерв; 7 — медиальный кожный; 8 — крыловой; 9 — собственно средний; 10 — срединный; 11 — локтевой; 12 — лучевой и 13 — межреберные нервы; 14 — поясничное сплетение; 15 — бедренные нервы; 16 — запирающий нерв; 17, 18 — малоберцовый; 19 — большеберцовый и 20 — седалищный нервы; 21 — крестцовое сплетение; 22 — хвостовые нервы; 23 — ствол симпатического нерва; 24 — желудочная ветвь; 25 — соединительная ветвь блуждающего нерва; 26 — сердечный и 27 — нижнегортанный нервы; 28 — медиальный и 29 — латеральный нервы пальца; 30 — ветви на пальцах; а — правая почка; б — желудок; в — печень; г — сердце.

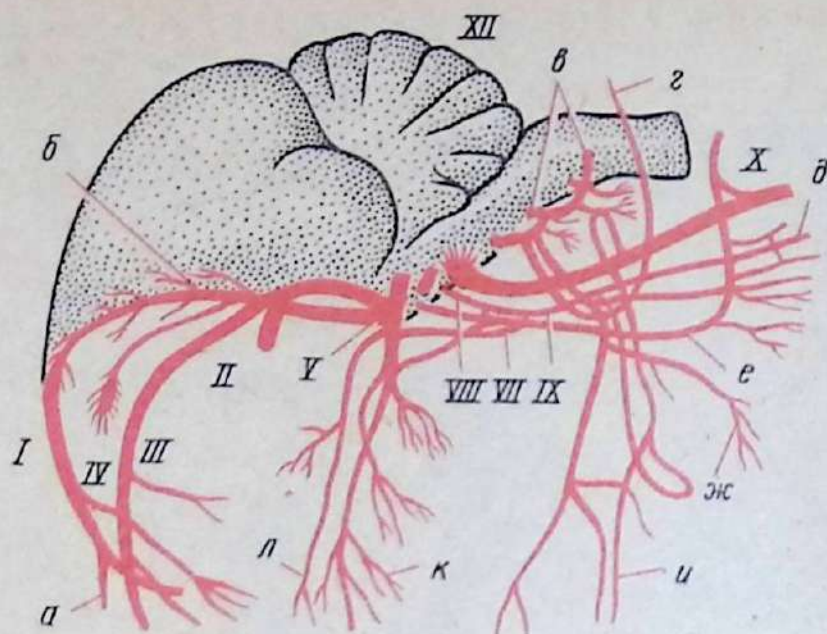


Рис. 98. Черепномозговые нервы (вид с левой стороны):

I — обонятельный; *II* — зрительный; *III* — глазодвигательный; *IV* — блоковый; *V* — тройничный; *VII* — лицевой; *VIII* — слуховой; *IX* — языкоглоточный; *X* — блуждающий; *XII* — подъязычный; *а* — нерв ноздри; *б* — задний глазничный нерв; *в* — первая и вторая пары шейных нервов; *г* — нервы мышцы (кукушечей); *д* — пищеводная ветвь; *е* — задняя ветвь лицевого нерва; *ж* — нерв челюстно-подъязычной и шиловидно-подъязычной мышц; *и* — язычный нерв; *к* — межчелюстная и *л* — верхнечелюстная ветви тройничного нерва (А. Веджетти).

делится на две ветви, которые идут между сухожилиями до плюсневой кости. Средняя ветвь проходит ко второму и третьему, а боковая — к третьему и четвертому пальцам.

Большеберцовый нерв образует ветви, идущие к мышцам плантарной поверхности голени и предплюсневому суставу.

Более мелкие крестцовые нервы выходят сзади из таза и оканчиваются в клоаке и мышцах бедра.

Хвостовые нервы иннервируют мышцы и кожу хвоста; их насчитывается 6—7 пар.

Черепномозговые нервы. Имеется 12 пар черепномозговых нервов, из них восемь пар отходят от продолговатого мозга. За исключением блуждающего нерва, все остальные нервы в основном иннервируют органы головы (рис. 98).

Обонятельный нерв (*I* пара) идет от обонятельной доли в виде нескольких непрочко соединенных между собой нитей, выходит из черепной полости через соответствующее отверстие в дорсомедиальную часть глазницы и оттуда в носовую полость. Подходя к носовой перегородке, он разветвляется в слизистой оболочке и дорсальной части раковины. По функции это чувствительный нерв.

Зрительный нерв (*II* пара) состоит из отростков нейронов, находящихся в сетчатке глазного яблока. У основания мозга оба зрительных нерва образуют перекрест и входят в зрительные бугры.

Глазодвигательный (*III* пара) и **блоковый** (*IV* пара) нервы отходят от аборального края двухолмия и входят в глазницу к мышцам глаза.

Тройничный нерв (V пара) — смешанный нерв, от него отходят три ветви: глазничная, верхнечелюстная и нижнечелюстная.

Отводящий нерв (VI пара) разветвляется в основной латеральной прямой мышце и обеих мышцах мигательной перепонки.

Лицевой нерв (VII пара) у птицы развит относительно слабо. По функции нерв смешанный.

Слуховой нерв (VIII пара) очень короткий. По функции это чувствительный нерв. Он воспринимает звуки и участвует в ориентации тела в пространстве.

Языкоглоточный нерв (IX пара) по функции смешанный, содержит чувствительные и двигательные волокна.

Блуждающий нерв, или вагус (X пара), относится к парасимпатическому отделу вегетативной нервной системы. Это самый крупный из всех черепномозговых нервов, он образует много корешков, которые выходят сбоку продолговатого мозга и сразу сливаются, образуя один ствол. Блуждающий нерв иннервирует нёбо, глотку, гортань, мышцы шеи; дает анастомозы с языкоглоточным нервом. Большая ветвь блуждающего нерва идет вдоль пищевода, проникает в грудную полость и иннервирует трахею, легкие, сердце, почки, мускулатуру желудка и кишечника.

Добавочный нерв (XI пара) проходит сбоку спинного мозга через большое затылочное отверстие и соединяется с блуждающим нервом. По функции это двигательный нерв, он иннервирует мышцы шеи и спины.

Подъязычный нерв (XII пара) делится на две ветви: язычную, идущую в мышцы языка, и нисходящую, которая тянется параллельно дыхательному горлу, разветвляясь в мышцах.

Вегетативный отдел нервной системы. Нервные волокна вегетативной нервной системы являются главным образом эфферентными, т. е. проводящими импульсы от центральной нервной системы к исполнительным органам. Наряду с этим установлено, что вегетативная система выполняет частично и афферентные функции, поскольку в ней находятся чувствительные нейроны, волокна которых проходят в дорсальных корешках спинного мозга.

Вегетативные нервы отличаются от соматических тем, что они отходят пучками из различных отделов центральной нервной системы, а именно от среднего и продолговатого мозга, от грудного и пояснично-крестцового отделов спинного мозга. Соматические нервы отходят от каждого сегмента спинного мозга (рис. 99).

Вегетативные нервы по выходе из центральной нервной системы направляются к внутренним органам, но не доходя до них, вступают в соединение посредством синапсов с другими нейронами, нейриты которых и подходят к иннервируемому органу. На месте соединения нейронов образуется вегетативный узел, или ганглий. Волокна, которые идут от центральной нервной системы до ганглиев, называются **преганглионарными**, а идущие от ганглиев до иннервируемого органа — **постганглионарными**. Ганглии располагаются в органах или вне их (застенные).

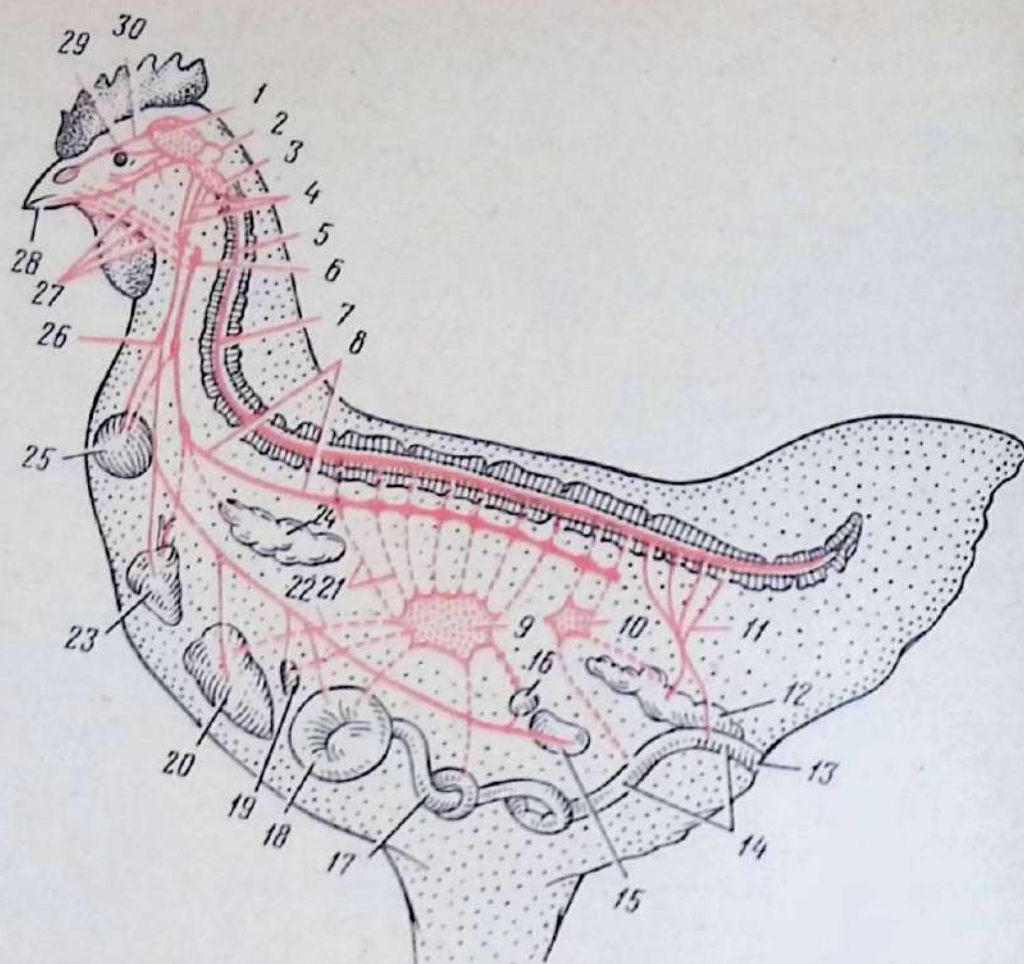


Рис. 99. Симпатическая и парасимпатическая нервная система у курицы (сплошным — парасимпатическая, штрихом — симпатическая нервная система):

1 — большие полушария головного мозга; 2 — мозжечок; 3 — продолговатый мозг; 4 — отходящие от центра ветви блуждающего нерва; 5 — шейные позвонки (в разрезе); 6 — краниальный шейный узел; 7 — спинной мозг; 8 — пограничный симпатический ствол; 9 — чревной узел (центр солнечного сплетения); 10 — брыжеечный узел; 11 — парасимпатические волокна, идущие к органам размножения и толстому кишечнику; 12 — органы размножения; 13 — клоака; 14 — толстый отдел кишечника; 15 — почки; 16 — надпочечники; 17 — тонкий отдел кишечника; 18 — мышечный желудок; 19 — селезенка; 20 — печень; 21 — симпатические волокна, отходящие от симпатического пограничного ствола к чревному узлу (постганглионарные волокна); 22 — симпатические волокна от чревного узла (постганглионарные волокна) к отдельным внутренним органам; 23 — сердце; 24 — легкие; 25 — зоб; 26 — общий ствол блуждающего нерва; 27 — симпатические волокна, идущие от краниального шейного симпатического узла к нижнему и верхнему надклявью и носовой полости; 28 — нижнее надклявье; 29, 30 — черепномозговые нервы (зрительные, обонятельные).

Вегетативная нервная система имеет высшие вегетативные подкорковые центры в промежуточном, среднем, продолговатом мозге, в полосатом теле полушарий большого мозга, а также в корковых ядрах, находящихся в разных отделах коры полушарий большого мозга. В спинном мозге вегетативные центры заложены в боковых столбах серого мозгового вещества грудного, поясничного и крестцового отделов. В зависимости от места расположения и выполняемых функций вегетативная нервная система разделяется на парасимпатическую и симпатическую.

Парасимпатическая нервная система объединяет волокна, отходящие от среднего и продолговатого мозга, а также от крестцового отдела спинного мозга, где заложены парасимпатические центры. Отростки

нейронов, находящихся в центрах, идут в составе III, VII, IX, X пар черепномозговых нервов. От центров среднего мозга парасимпатические нервы подходят к мышцам хрусталика и сфинктеру зрачка, от центров продолговатого мозга — к слизистой оболочке носа и ротовой полости, к слезным и слюнным железам. От группы клеток, находящихся на дне четвертого желудочка в продолговатом мозге, берет свое начало крупный нерв вегетативной системы — в а г у с, или блуждающий нерв. Вагус вместе с IX нервом выходит из черепной полости через яремное отверстие и проходит близ яремной вены вместе с симпатическим нервом. В области шеи и грудной полости вагус дает ответвления к голосовой и дыхательной гортаням, пищеводу, легким, сердцу (депрессорный, задерживающий нерв). Ветви вагуса снабжают железистый и мышечный отделы желудка, печень, поджелудочную железу, селезенку, почки. Брюшная часть блуждающего нерва через солнечное сплетение иннервирует тонкий отдел кишечника. Из крестцовой части парасимпатической системы нервы идут к мочеполовым органам.

Симпатическая нервная система состоит из центров, которые заложены в грудном и поясничном отделах спинного мозга, двух пограничных симпатических стволов, периферических узлов и сплетений. После выхода из позвоночного столба преганглионарные волокна вступают в пограничный симпатический ствол. Он состоит из цепочки узлов, которые соединены между собой короткими пучками нервных волокон, и связан с соседними спинномозговыми нервами при помощи соединительных ветвей. Пограничный симпатический ствол делится на отделы шейный, грудобрюшной и пояснично-крестцовый.

В шейном отделе симпатических узлов два, в других нижележащих отделах позвоночного столба количество их соответствует числу позвонков. От шейных узлов отходят постганглионарные волокна к сонным артериям, гортани, глотке, пищеводу. Грудной отдел имеет до семи симпатических узлов, соединенных между собой двойными межузловыми ветвями. Постганглионарные ветви от грудного симпатического ствола (от 3 до 6 узлов) идут к сердцу, в трахею, легкие, кровеносные сосуды крыльев. Эти ветви соединяются с ветвями блуждающего нерва и образуют сердечно-легочное сплетение.

Часть преганглионарных волокон грудного отдела обособлена от грудобрюшного пограничного симпатического ствола, эти волокна образуют чревное сплетение. От данного сплетения большая часть ветвей идет по ходу чревной артерии, часть из них переходит на стенку краниальной брыжеечной артерии и вместе с сосудами проникает в желудок, печень, поджелудочную железу, кишечник и другие органы. Малый чревный нерв отходит от надпочечного сплетения, проходит по краниальной брыжеечной артерии и соединяется с ветвями чревного сплетения, расположенного на вентральной брюшной аорте. От надпочечного сплетения часть ветвей отходит к паренхиме надпочечной железы, почкам, яичникам или семенным железам.

От пояснично-крестцового отдела симпатического ствола ветви отходят к толстой кишке и почке, образуя кишечный нерв, идущий по

ходу брыжейки в направлении от клоаки к двенадцатиперстной кишке. Кишечный нерв соединяется с блуждающим. У хвоста оба пограничных ствола симпатической цепочки соединяются, образуя хвостовой ганглий. Нервы симпатической системы являются сосудистыми.

Физиологические свойства нерва. Возбудимость и проводимость. Нервы, а следовательно, и составляющие их нервные волокна обладают свойствами возбудимости и проводимости. Проведение возбуждения по нерву подчиняется двум законам.

Закон двустороннего проведения. Сущность его заключается в том, что каждое нервное волокно может проводить возбуждение в обе стороны от места раздражения. Это не зависит от того, какое волокно — центrostремительное или центробежное.

Закон изолированного проведения. Возбуждение распространяется по всем отросткам нервного волокна, но оно не передается соседнему волокну. В нервном стволе импульсы проходят по волокну только в одном направлении. Это изолированное проведение возбуждения обеспечивает тонкие рефлекторные реакции и предохраняет от ненужных ответных реакций исполнительных органов.

В различных нервных волокнах возбуждение проходит с разной скоростью. В двигательном нерве лягушки она равна 27 м/с, в двигательных нервах теплокровных животных — 60—120 м/с. Более медленно проводят возбуждение чувствительные и вегетативные волокна, от 1 до 30 м/с. Нервы с мякотной оболочкой имеют большую скорость проведения, чем безмякотные. Скрытый период возбуждения в нервном волокне составляет $\frac{3}{10000}$ — $\frac{4}{1000}$ доли секунды; это значительно меньше, чем в мышцах. В период возбуждения в нерве усиливается обмен веществ.

Н. В. Введенский в течение 12 ч непрерывно раздражал нерв и установил, что по истечении этого времени нерв был способен возбуждаться и вызывать сокращение мышцы. Поэтому считается, что нерв практически не утомляется. Прекращение сокращения мышц при длительной работе объясняется быстрой утомляемостью нервных центров, а также нарушением проведения возбуждения в миоэвральных синапсах.

Токи покоя. Если мышцу не возбуждать электрическим током, а разрезать ее и приложить электроды к поврежденной и неповрежденной частям, то стрелка гальванометра отклоняется. Это указывает на то, что в ткани возникает ток. Место неповрежденной ткани имеет положительный заряд, а где имеется разрез, возникает отрицательный электрический заряд. Ток, возникающий между поврежденным и неповрежденным участками, называется током покоя.

Потенциал действия, или нервный импульс. Разность потенциалов может быть не только в поврежденной ткани, но и в неповрежденной мышце или нерве при их возбуждении; возникает потенциал (ток) действия. При этом возбужденный участок имеет отрицательный заряд, а невозбужденный — положительный. Потенциал действия непродолжителен, возникнув в одном участке, он быстро распространяется по нерву или мышце с волной возбуждения и исчезает. Длитель-

ность волны возбуждения для различных тканей и при различном функциональном состоянии различна. Потенциал действия в возбудимых тканях возникает в результате электрохимического процесса.

Сущность его следующая. В жидкости, окружающей оболочку нервного волокна (внешний раствор), более 90% заряженных частиц составляют ионы натрия, а остальные — отрицательно заряженные ионы хлора. Внутри клетки отрицательные ионы составляют большинство; они представлены разнообразными органическими относительно крупными частицами, образующимися в самой клетке; положительные ионы (калия) в небольшом количестве. Поэтому клетка внутри заряжена отрицательно, а снаружи положительно. Концентрация ионов натрия снаружи оболочки примерно в 10 раз выше, чем внутри. В результате возникает разность потенциалов, достигающая 70—80 милливольт.

Когда клетка в покое, ионы калия проникают через мембрану наружу, но очень медленно. При раздражении нервной клетки повышается проницаемость ионов натрия внутрь клетки, а поскольку они заряжены положительно, то в местах их проникновения избыточный отрицательный заряд поглощается, что способствует еще большему проникновению ионов натрия внутрь клетки. Когда ионы натрия проникнут внутрь в таком количестве, что отрицательный заряд в клетке меняется на положительный, происходит как бы внезапная вспышка, в результате чего возникает нервный импульс, или потенциал (ток) действия (рис. 100). Этот импульс осциллограф регистрирует в виде пика. Данный процесс многократно повторяется, продвигаясь вперед до тех пор, пока нервный импульс не пройдет по всей рецепторной клетке.

Изучение токов действия нашло широкое применение в медицинской и ветеринарной практике, особенно при изучении работы сердца. С помощью специального прибора — электрокардиографа записывают на бумаге токи действия сердца. По записи на пленке или на бумаге в виде кривой (электрокардиограмма) судят об отклонениях от нормы, происходящих в деятельности сердца.

Лабильность, или функциональная подвижность нерва. Н. Е. Введенский, основоположник учения о функциональной подвижности ткани, под лабильностью понимал различную скорость реакций клетки органа, тканей или их частей в ответ на частоту раздражения. Он установил, что ткань может столько раз возбуждаться, сколько раз будут ее раздражать, т. е. на определенную частоту раздражения отвечать такой же частотой возбуждения. Но такое совпадение может быть только до определенного предела частоты. Максимальный предел частоты, на которую ткань может отвечать возбуждением, зависит от длительности рефракторного периода (период невозбудимости) ткани. Мерой лабильности является то максимальное количество раздражений, на которые в ткани возникает такое же количество возбуждений. Например, рефракторный период нерва равен 0,002 с. Чтобы последующее раздражение вызвало возбуждение, оно должно попасть в ткань только тогда, когда закончится рефракторный период от предыдущего раздражения. Следовательно, максимальная частота раздражения,

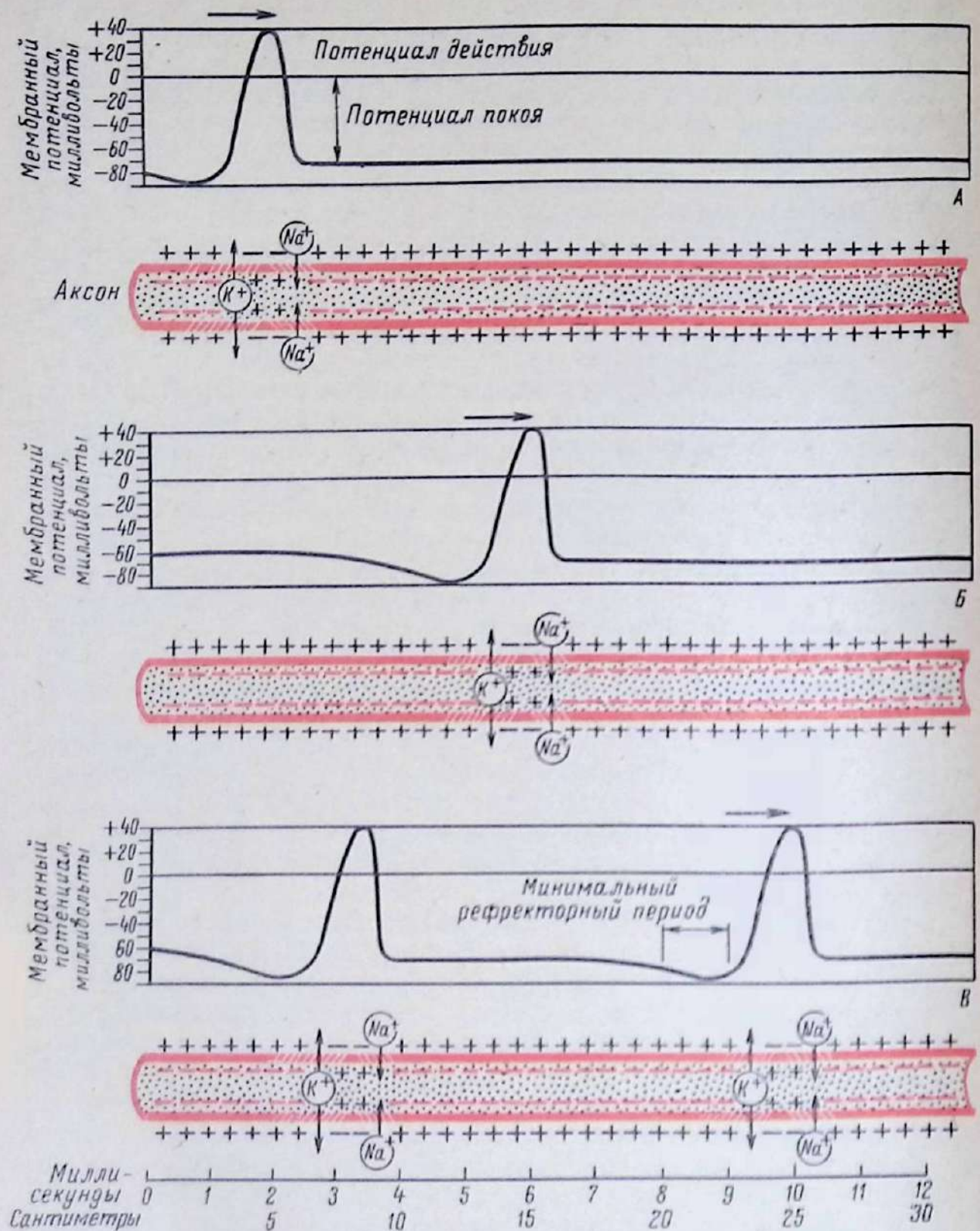


Рис. 100. Схема распространения нервного импульса, сопровождающегося изменениями проницаемости мембраны аксона.

которую можно нанести нерву, будет 500 раздражений в секунду ($1:0,002 = 500$). Максимально возможное количество раздражений для ткани характеризует функциональную подвижность ее. У мускула рефракторный период равен 0,005 с, т. е. больше, чем у нерва. Поэтому максимальное число возможных раздражений его будет меньше, 200 раздражений в секунду ($1 с : 0,005 = 200$). Так как рефракторный период нерва и мускула может изменяться, то функциональная подвижность ткани будет различной.

Парабиоз. В 1902 г. Н. Е. Введенский установил в своих опытах на нервно-мышечном препарате лягушки, что участок нерва, отравленный химическими агентами или механически поврежденный, приобретает низкую лабильность, т. е. возникшее в этом участке состояние возбуждения исчезает медленнее, чем в нормальном участке при раздражении вышележащего участка нерва электротоком частого ритма. Отравленный участок не в состоянии воспроизводить этот ритм, и возбуждение через него не передается. Такое состояние пониженной лабильности Н. Е. Введенский назвал парабиозом (от слова пара — около, биоз — жизнь).

На нервно-мышечном препарате лягушки он вызывал изменения участка нерва путем приложения к нему химического агента (кокаина, хлористого калия, фенола, хлороформа), сильного фарадического тока, механического повреждения. Затем наносил раздражение или непосредственно на пораженный участок, или выше него с тем расчетом, чтобы импульсы, возникающие от раздражения, появлялись в парабиотическом участке или проходили через него на своем пути к мышце. О проведении возбуждения по нерву он судил по сокращению мышцы. В нормальном нерве (не подверженном отравлению в отдельном участке) обычно увеличение силы ритмического раздражения нерва повышает силу тетанического сокращения мышцы. При развитии парабиоза эти отношения закономерно изменяются, причем наблюдаются следующие последовательно сменяющие друг друга стадии (фазы).

Провизорная, или уравнивательная, фаза наблюдается в начальной стадии отравления участка нерва и характеризуется снижением проводимости ритмических импульсов при любой силе раздражения, но при сильном раздражении проводимость импульсов снижается больше, чем при умеренном, поэтому эффект сильного и умеренного раздражения почти уравнивается.

Парадоксальная фаза следует за уравнивательной, она наиболее характерна для парабиоза: сильные возбуждения, идущие из нормальных точек нерва, не передаются мышце через наркотизируемый участок или вызывают лишь начальные сокращения ее, тогда как умеренные возбуждения нерва способны вызывать резкое тетаническое сокращение мышцы.

Тормозная фаза — последняя стадия парабиоза, характерна тем, что нерв полностью утрачивает способность к проведению возбуждения любой интенсивности. Торможение, по мысли Н. Е. Введенского, — это результат перевозбуждения нервного волокна или нервной клетки.



Рис. 101. Синаптическая связь:

А — окончание аксонов на дендрите; Б — на дендритическом шипике; В — на сложном дендритическом шипике; 1 — синаптические пузырьки; 2 — митохондрия; 3 — сложный пузырек; 4 — каналы; 5 — шипиковый аппарат; 6 — нервное волокно; 7 — симметричные утолщения мембран (Уиттейкер, Грей, Хемлин).

Учение Н. Е. Введенского о парабиозе имеет большое значение для развития физиологии. Он впервые показал единство процессов возбуждения и торможения, переход процесса возбуждения в торможение. По теории Н. Е. Введенского, парабиотический участок обладает всеми признаками возбуждения (электроотрицательностью, изменением физико-химического состояния и др.), но он не способен проводить волны возбуждения, и поэтому местное возбуждение, т. е. явление парабиоза в участке нерва, проявляется как торможение.

Передача возбуждения в нервных окончаниях происходит через специальные синаптические связи. Аксон одного нейрона, распадаясь на тончайшие окончания в виде пучков или колечек, тесно прилегает ими к дендриту или к телу другого нейрона. Место соединения отростков этих двух клеток называется синапсом (рис. 101). В мышцах нервы оканчиваются мионевральными пластинками. В синапсах образуются специфические химические вещества, так называемые медиаторы (посредники). В частности, в окончаниях парасимпатических волокон образуется ацетилхолин, в симпатических — норадреналин (симпатин). Медиаторы проявляются в синапсах в момент возбуждения и разрушаются в рефракторный период.

В отличие от нервного волокна синапс проводит возбуждение только в одном направлении, благодаря этому возбуждение передается только с нейрона на мышцу. В результате синаптического соединения отростков одного нейрона с отростками другого передача возбуждения по нервам происходит тоже только в одном направлении: по центро-стремительным нервным волокнам — к центру, по центробежным — к периферии.

Синапсы проводят возбуждение медленнее, чем нервные волокна, это явление называется синаптической задержкой. Первые импульсы, поступающие в синапс, повышают его возбудимость и облегчают передачу последующих импульсов.

Физиология вегетативной нервной системы. Почти во всех органах и сосудах имеются симпатические и парасимпатические нервы. Их воздействие на иннервируемые органы часто оказывается противо-

ложным. Так, симпатическая нервная система стимулирует деятельность сердца, а блуждающий нерв угнетает ее. Однако в норме оба отдела вегетативной нервной системы функционируют в тесном взаимодействии. Нервы шейного симпатического узла увеличивают просвет зрачка, сужают сосуды кожи и вызывают отделение более густой слюны (у млекопитающих). Раздражение симпатических волокон чревного нерва приводит к резкому сужению кровеносных сосудов органов брюшной полости, уменьшению объема печени, селезенки, ослаблению моторики желудочно-кишечного тракта, усилению секреции надпочечников.

Симпатическая нервная система обладает адаптационной и трофической функциями. Так, если раздражать симпатический нерв мышцы, доведенной до утомления, то она снова восстанавливает свою работоспособность вследствие усиления в ней обменных процессов. Адаптационное (приспосабливающее) влияние симпатической системы проявляется в подготовке органа к работе в новых, измененных условиях.

Симпатическая нервная система оказывает влияние и на центральную нервную систему. Например, при раздражении симпатического нерва изменяется рефлекторная возбудимость спинного мозга.

Раздражение отдельных парасимпатических волокон вызывает секрецию слюнных желез и пищеварительного тракта, сужение зрачка и аккомодацию глаза. Парасимпатические волокна блуждающего нерва усиливают сокращения гладких мышц бронхов, желудка и тонкого кишечника.

Вегетативная нервная система не строго автономна: ее деятельность находится под контролем центральной нервной системы и подчинена коре больших полушарий.

Лабораторно-практические занятия

Цель занятия. Изучить топографию и строение головного и спинного мозга.

Материалы и инструменты: тушка курицы или цыпленка, ножницы, скальпели, пинцеты, препаровальные иглы, часовые или предметные стекла.

З а д а н и е. Вскрыть мозг и изучить его топографию.

Вскрыть череп и осторожно извлечь мозг. Поместить его на предметное стекло, хорошо расправить и с помощью луп рассмотреть отделы головного мозга и отходящие черепно-мозговые нервы, используя при этом наглядные пособия.

Вскрыть спинной мозг в области шейных и грудных позвонков, разрезав их с дорсальной стороны. Рассмотреть расположение мозга в позвоночном канале и нервы, выходящие через межпозвоночные пространства от спинного мозга.

Высшая нервная деятельность

Высшая нервная деятельность, или поведение птицы — это совместная деятельность коры больших полушарий и подкорковых образований, в результате которой устанавливаются определенные взаимоотношения организма с внешним миром. Органом высшей нервной деятельности являются большие полушария головного мозга.

В коре головного мозга расположены миллиарды нервных клеток (нейронов). Отростки нейронов, идущие из коры внутрь больших полушарий, образуют белое вещество. Они выполняют функцию проводящих путей.

Нервные клетки коры больших полушарий головного мозга млекопитающих образуют в большей части ее шесть слоев, или зон: молекулярный, наружный зернистый, слой средних и малых пирамидальных клеток, внутренний зернистый, слой больших пирамидальных клеток, слой полиморфных клеток. У птиц аналогичные исследования не проводились.

В коре больших полушарий имеются три системы, обеспечивающие ее функцию.

Двигательная система состоит из больших пирамидальных клеток и отходящих от них волокон; эти волокна составляют пирамидный путь, соединяющий кору с продолговатым и спинным мозгом, и экстрапирамидный путь, который соединяет кору со средним мозгом.

Чувствительная, или воспринимающая система, состоит из нейронов (зрительных, слуховых, кожных и т. д.), идущих от зрительных бугорков и составляющих чувствительные пути. Благодаря чувствительной системе осуществляется восприятие возбуждения, поступающего в кору.

Соединительная (ассоциативная) система соединяет различные отделы полушарий; она состоит из клеток с относительно короткими отростками, заложенными во втором и третьем слоях серого вещества.

Двигательная и чувствительная области коры называются **проекционными зонами**. Они соединяются проводящими путями с нервными окончаниями в различных органах и тканях.

Кора больших полушарий является высшим органом, контролирующим и координирующим все процессы, протекающие в организме. В ней происходит образование временных связей, благодаря чему организм воспринимает окружающий мир и приспосабливается к различным факторам среды.

Рефлекторная деятельность центральной нервной системы. В основе деятельности всех отделов нервной системы лежит рефлекс.

Рефлексом называется ответная реакция организма на раз-

дражение рецепторов, осуществляемая при участии центральной нервной системы. Например, как только корм появляется на раздаточном транспортере, птица бежит к кормушке — это проявление пищевого рефлекса. При виде пищи рефлекторно начинает выделяться слюна. С понижением температуры окружающего воздуха рефлекторно сужаются кровеносные сосуды и как следствие кожа бледнеет. Яркий свет вызывает сужение зрачка (зрачковый рефлекс). Может быть много примеров рефлекторных реакций, но общим для них является последовательность прохождения возбуждения. Это можно проследить на примере простого спинномозгового рефлекса — отдергивания конечности при нанесении болевого раздражения. Возникшее в рецепторах кожи возбуждение передается при этом по центrostремительному нервному волокну к дендриту эфферентного (двигательного) нейрона. Возбуждение, поступившее в эфферентный нейрон, проходит через его тело, затем по аксону к нервным окончаниям, находящимся в исполнительных органах; наступает ответная реакция в виде сокращения мышц, секреции желез и т. д. Это упрощенная схема рефлекторного пути. Он состоит из двух нейронов — центробежного и центrostремительного.

В организме в большинстве случаев рефлекторный путь усложняется тем, что между этими двумя нейронами включается еще третий, промежуточный, или ассоциативный, нейрон. Ассоциативные нейроны имеют большое количество коротких отростков, которыми соединяются со многими нейронами. В этом случае возбуждение, возникшее в рецепторе чувствительного нейрона, по центrostремительному волокну попадает в нервный центр, там переходит на ассоциативный нейрон, а с него на эфферентный нейрон и к исполнительному органу. Путь, по которому проходит возбуждение при осуществлении рефлекса, называется рефлекторной дугой. Рефлекторная дуга каждого рефлекса состоит из рецептора, афферентного нейрона, нервного центра, эфферентного нейрона, исполнительного органа (эффектора) (рис. 102).

Односторонность проведения возбуждения в пределах каждой рефлекторной дуги обусловлена свойствами нервных центров, в местах соприкосновения нейронов (синапсах) возбуждение проводится только в одном направлении.

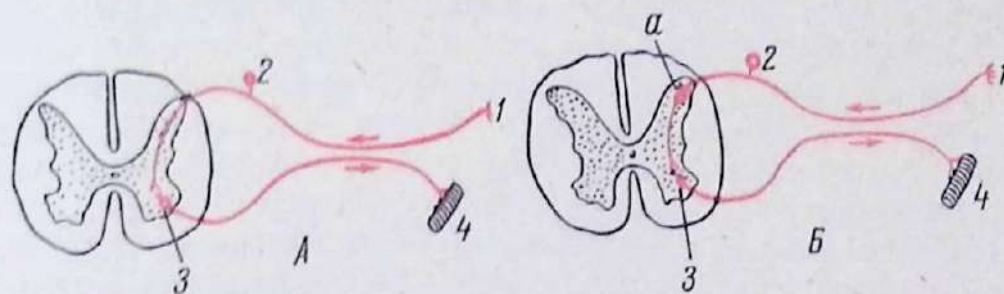


Рис. 102. Схема рефлекторной дуги спинного рефлекса:

А — двухнейронная дуга; Б — трехнейронная дуга; 1 — окончание центrostремительного нерва; 2 — центrostремительный (чувствительный) нейрон и спинномозговой узел (ганглий); 3 — центробежный (двигательный) нейрон; 4 — его окончание в мышцах; а — ассоциативный (промежуточный) нейрон.

У птиц имеется большое количество рефлекторных реакций, которые помогают ей приспосабливаться к разнообразным условиям внешней среды. Если положить в основу классификации рефлексов особенности центральной части рефлекторной дуги, то их можно разделить на безусловные, или врожденные, и условные, или приобретенные. Безусловные рефлексы по месту нахождения их центров подразделяются на спинномозговые, продолговатого мозга и т. д.

В зависимости от места расположения рецепторов рефлексы могут быть экстерорецептивными, начинающимися с рецепторов, воспринимающих раздражение из внешней среды; интерорецептивными, начинающимися с рецепторов, расположенных во внутренних органах; проприорецептивными, берущими начало с рецепторов мышц и сухожилий.

По форме и характеру ответной реакции рефлексы бывают секреторные, двигательные, трофические, а также защитные, оборонительные, пищевые, половые, ориентировочные.

Безусловные рефлексы — врожденные, они передаются по наследству. Образуются безусловные рефлексы при участии низших отделов центральной нервной системы, поэтому их иногда называют **подкорковыми**. Количество этих рефлексов невелико. Безусловные рефлексы проявляются сразу же после того, как птенец (цыпленок, утенок и т. д.) вылупится из яйца. Например, впервые спущенный на воду утенок начинает плавать — у него проявляется безусловный плавательный рефлекс. Цыпленок начинает склевывать зерно благодаря рефлексу склевывания. Все это говорит о том, что в подкорковых отделах сосредоточены нервные аппараты, которые ведают отправными функциями, обеспечивающими существование организма.

Импульсы, идущие от внешней и внутренней среды, попадают в первую очередь в эти подкорковые центры, а они морфологически и функционально связаны с корой больших полушарий, где также происходит замыкание рефлекторного пути и образование временных нервных связей. Поэтому безусловные рефлексы являются фундаментом, основным фондом для образования условных рефлексов (И. П. Павлов).

Условные рефлексы образуются в коре головного мозга и появляются как временная связь организма с любым фактором внешней среды. Замыкание дуги условного рефлекса происходит в коре головного мозга. Условные рефлексы образуются, закрепляются и исчезают в течение жизни. Они строго индивидуальны. Поэтому их называют еще **приобретенными рефлексами**. В отличие от безусловных рефлексов они изменчивы и более подвижны, легко возникают и так же легко исчезают. Благодаря этому между организмом и внешней средой устанавливается динамическая (подвижная) связь, обеспечивающая приспособление организма к постоянно меняющимся условиям среды. Условные рефлексы образуются на базе безусловных.

Механизм образования и методика изучения условных рефлексов. Условные рефлексы образуются в том случае, если какой-либо раздра-

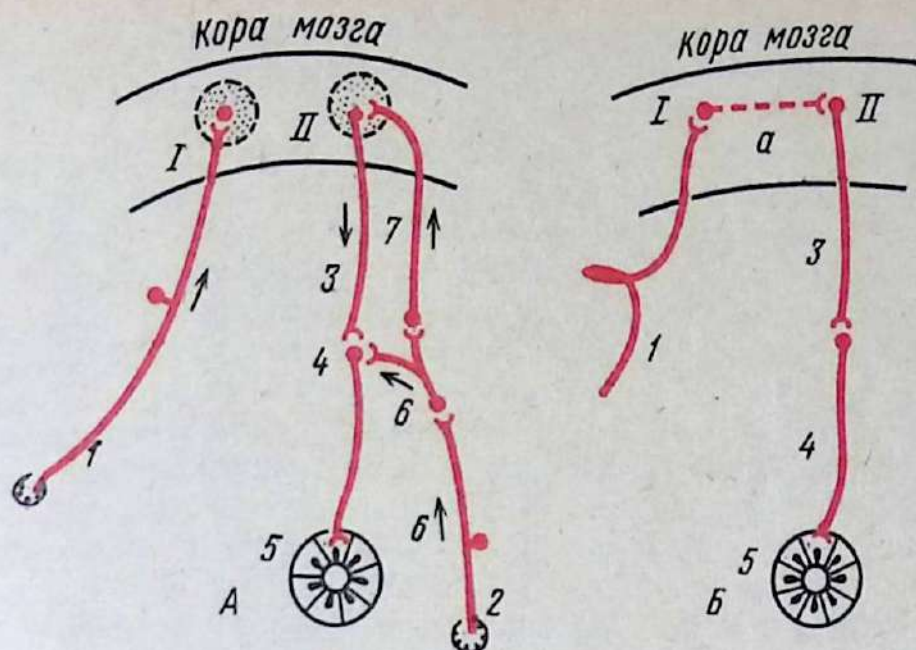


Рис. 103. Схема образования условного рефлекса:
 А — первая стадия образования условного рефлекса; Б — дуга условного рефлекса.

житель, ранее безразличный (индифферентный) для данного вида деятельности, совпадает с действием безусловного раздражителя.

В коре больших полушарий имеются воспринимающие зоны, т. е. специальные области для восприятия возбуждения от рецепторов. Индифферентный раздражитель (например, звучание звонка) вызывает нервное возбуждение в слуховом рецепторе; это возбуждение передается по афферентному пути (рис. 103-А) в соответствующую область коры больших полушарий, где появляется очаг возбуждения (I). Если в момент звучания звонка и через 2—3 с позже животному дают корм, то последний, действуя на рецепторы языка (2), вызывает безусловный рефлекс слюноотделения, который через афферентные пути (6) и центр слюноотделения в продолговатом мозге (4) приводит в функциональную деятельность слюнную железу (5). Одновременно с этим возбуждение, возникшее в рецепторах ротовой полости, направляется по дополнительным нейронам (7) в кору больших полушарий, где имеются корковые представления различных безусловных рефлексов. В представителе пищевого рефлекса коры возникает второй, более сильный очаг возбуждения (II). Отсюда через эфферентный путь (3) возбуждение снова передается в подкорковые центры, стимулируя деятельность тех или иных пищеварительных органов. Таким образом при подкреплении условного (индифферентного) раздражителя (звонка) безусловным (кормом) в коре больших полушарий возникает одновременно два очага возбуждения: один в центре, воспринимающем звуковые раздражители (I), а другой в корковом представителе безусловного пищевого рефлекса (II). Возбуждение, возникшее в очаге I, начинает распространяться по коре больших полушарий. Но очаг возбуждения II, возникающий от более сильного раздражителя (корма), как бы притягивает к себе возбуждение из очага I; в результате этого

между двумя очагами возбуждения устанавливается временная нервная связь (а) или, как говорил И. П. Павлов, «проторяется путь» и происходит замыкание дуги условного рефлекса.

В последующем, когда подается звонок, возбуждение из слуховой области коры, т. е. из очага I, проходит по проторенному пути к корковому представительству пищевого центра, от него в центр слюноотделения в продолговатом мозге и далее по центробежным нервам к слюнной железе. Происходит выделение слюны. Иначе говоря, у животного выработался условный рефлекс на звуковой раздражитель (звонок). Чем больше произведено сочетаний условного раздражителя (звонка) с дачей корма (безусловного раздражителя), тем лучше будет проторен путь между двумя очагами возбуждения и быстрее будет замыкаться рефлекторная дуга.

Практически на все условные раздражители (сигналы) внешней и внутренней среды в организме могут вырабатываться условные рефлексы по тому же принципу, как они образуются на звуковой раздражитель (звонок). Но место очагов возбуждения в коре больших полушарий и ответная реакция на них в исполнительных органах меняются в зависимости от того, какие раздражители участвуют в образовании рефлекса. Отсюда вытекает определенное правило образования рефлексов. Для того чтобы образовался условный рефлекс, необходимо, чтобы раздражитель, ранее безразличный для данного вида деятельности (например, звук), на 3—5 с предшествовал безусловному раздражителю (например, кормлению) и в течение некоторого времени сопровождал его действие. Важно, чтобы условный раздражитель (например, звук или свет) по своему физиологическому воздействию был более слабым, чем безусловный (например, корм).

Условные рефлексы необходимо закреплять путем неоднократных повторений сочетания условных раздражителей с безусловными. Если условный раздражитель не подкреплять безусловным, то условный рефлекс постепенно ослабевает и может угаснуть полностью.

Рефлексы могут образовываться на такие условные раздражители, как вид и запах корма; они называются *натуральными* и *условными* рефлексами, т. е. образуются на такой условный раздражитель, который естественно (натурально) связан с безусловным раздражителем. Рефлексы, которые возникают на такие раздражители, как звонок, свет, звук метронома, называются *искусственными* условными рефлексами. Натуральные рефлексы образуются значительно быстрее, а угасают медленнее, чем искусственные.

Выше отмечалось, что условный рефлекс вырабатывается на базе безусловного рефлекса. Однако когда условный рефлекс выработан и закреплен, он, в свою очередь, может послужить основой для образования другого условного рефлекса. Если был выработан условный рефлекс на звонок, то можно выработать новый рефлекс на стук метронома, подкрепляя его не кормом, а звонком. Такие рефлексы называются *рефлексами высшего порядка*. Они вырабатываются гораздо труднее.

У птиц высшую нервную деятельность изучают главным образом по двигательнo-пищевой методике. Она основана на том, что условный рефлекс вырабатывается благодаря

сочетанию условного индифферентного раздражения (звук, свет и т. д.) с кормлением птицы из автоматической кормушки. В зависимости от цели исследования данный метод может иметь различные модификации.

Различные птицы требуют различного числа сочетаний условного раздражителя с безусловным. Образованные условные рефлексы в зависимости от вида птиц и силы раздражителя при прочих равных условиях угасают через различное время. По скорости образования и угасания условных рефлексов можно судить о функциональном состоянии коры головного мозга, о высшей нервной деятельности птицы.

Возбуждение и торможение в коре головного мозга. Разработанный И. П. Павловым метод условных рефлексов позволил объективно изучать деятельность высших отделов центральной нервной системы. Он выяснил основные механизмы функционирования коры головного мозга и создал учение о высшей нервной деятельности (поведении) животных. Было установлено, в частности, что в коре головного мозга непрерывно протекают два взаимосвязанных процесса — возбуждение и торможение. Именно благодаря взаимодействию этих двух процессов происходит образование и укрепление условного рефлекса.

Виды торможения в коре головного мозга. Изучая явления торможения в коре головного мозга, И. П. Павлов разделил их на два вида: внешние и внутренние.

Если в момент выработки условного рефлекса в кору головного мозга будут поступать сигналы, вызванные какими-либо другими раздражителями, то в ней возникает другой очаг возбуждения и затормаживается условный рефлекс. Торможение, которое вызывается дополнительным раздражителем, И. П. Павлов назвал **внешним** или **безусловным** (запретительным). Если включать условный раздражитель, например звонок, и не подкреплять его пищей, то в коре головного мозга также возникает торможение. Торможение, возникающее в коре больших полушарий в результате неподкрепления условного раздражителя безусловным, называется **внутренним** или **условным**.

Различают четыре вида внутреннего торможения: угасание, дифференцировка, условный тормоз и запаздывание. Во всех этих случаях положительный условный раздражитель при определенных условиях превращается в отрицательный, тормозной.

Угасание наступает в том случае, если применять условный сигнал изолированно, т. е. не подкреплять его безусловным раздражением. После нескольких таких повторений ранее выработанный прочный условный рефлекс постепенно ослабевает и потом полностью угасает. Условный рефлекс можно восстановить, если возобновить безусловное подкрепление (условный раздражитель сочетать с безусловным).

Дифференцирование условных раздражителей. Если у птицы выработать пищевой условный рефлекс на раздражитель, например на звук частотой 1000 Гц, то близкие к нему звуки частотой 800—900 способны вызывать условную

реакцию и такой рефлекс длительно сохраняется, но если звук (раздражитель) 1000 Гц постоянно подкреплять безусловным раздражителем (кормом), а звук частотой 800—900 Гц не подкреплять, тогда рефлекс на них угаснут. Такой процесс И. П. Павлов назвал дифференцировкой, т. е. птица начинает отличать, дифференцировать звук различной частоты, отличать звук частотой 1000 Гц от других, к нему близких.

Условный тормоз — это такой процесс, когда один раздражитель (например, звонок) тормозит условный рефлекс на другой раздражитель (например, свет).

Запаздывание условных рефлексов наблюдается в том случае, когда подкрепление, т. е. безусловный раздражитель (пища), запаздывает от начала условного раздражителя (например, звонка).

Иррадиация, концентрация и индукция в коре головного мозга. Возбуждение, возникнув в каком-либо участке коры головного мозга, распространяется и охватывает сравнительно широкую область, прилегающую к месту возбуждения. Распространение возбуждения от того места, где оно возникло, на смежные области принято называть иррадиацией.

Концентрация — это сосредоточение возбуждательного процесса в начальном очаге. Именно благодаря концентрации осуществляется тонкое дифференцирование раздражителей. Возникшее в коре головного мозга концентрированное возбуждение может вызывать в окружающих его участках процессы торможения, и, наоборот, торможение может вызывать возбуждение; это явление принято называть индукцией.

Благодаря иррадации, концентрации и индукции в коре головного мозга происходят сложные взаимодействия процессов возбуждения и торможения, осуществляется анализ и синтез раздражений. В каждый отдельно взятый момент в различных участках коры головного мозга возникают очаги возбуждения и торможения. Птица, находясь в условиях птичника или на выгулах, воспринимает с помощью органов зрения, слуха, обоняния и т. д. самые различные внешние раздражители. Возбуждения, возникшие от них, поступают в кору головного мозга и там подвергаются анализу. В результате анализа поступающих нервных импульсов различной частоты на одни раздражители (более сильные) поступает немедленная ответная реакция, тогда как на другие (более слабые) ответная реакция не поступает. Это объясняется тем, что в организме происходит ответная реакция на тот раздражитель, который оказывается действующим сильнее, тогда как другой раздражитель хотя и вызывает возбуждение, но может быть недостаточным по силе или на него еще не выработан рефлекс.

Кора головного мозга обладает свойством не только анализировать поступающие возбуждения, но и синтезировать, обобщать возбуждения, возникающие в различных участках коры головного мозга. Если условный раздражитель (звонок) подкрепить кормом, то после нескольких таких сочетаний образуется рефлекс на комплекс раздражи-

телей. За период жизни у птицы вырабатываются условные рефлексы на разные комплексы раздражителей и поведение ее определяется цепью взаимосвязанных рефлексов.

Интерорецептивные условные рефлексы. Условные рефлексы можно выработать, используя в качестве сигнала раздражение рецепторов внутренних органов. Например, если собаке вводить через фистулу в желудок воду и одновременно с этим раздражать лапу слабым электрическим током, то животное поднимает лапу, стремясь удалить ее от раздражителя. После нескольких таких сочетаний только введение в желудок воды вызывает ответную реакцию: собака поднимает лапу даже при отсутствии электрического раздражения. Этим доказано, что от внутренних органов, так же как и от внешних рецепторов, в кору головного мозга идут возбуждения, которые могут стать условным сигналом.

Условные рефлексы, образующиеся при раздражении внутренних и внешних рецепторов, всегда находятся в тесной взаимосвязи, так как в кору головного мозга поступают непрерывно сигналы от всех внутренних органов и с поверхности тела. Этим достигается приспособляемость внутренних органов к определенным условиям существования.

Использование рефлексов в птицеводстве. У птиц, находящихся в обычных условиях содержания в птичнике, сравнительно быстро образуются условные рефлексы на различные натуральные и искусственные раздражители (свет, температуру, состав воздуха, раздачу корма, голос птичницы и т. д.). В результате взаимодействия организма с внешней средой в коре головного мозга могут образовываться и с течением времени исчезать различные связи и условные рефлексы. Благодаря этому организм приспособляется к изменению окружающей среды, чем и объясняется разумное поведение птицы. Если в птичнике слишком высокая температура, у птицы рефлекторно учащается дыхание, расслабляется мышечная система и крылья опускаются, она больше принимает воды и тем самым поддерживает нормальную температуру организма. Если температура понижается, цыплята стремятся найти более теплое место или собираются в кучу, согревая друг друга. Это происходит благодаря тому, что в период роста и развития в естественных условиях у них уже выработаны условные рефлексы на изменение температуры.

У птиц легко вырабатывается условный рефлекс на световой раздражитель — длительность и интенсивность освещения. Когда мало света, птица становится менее активной, у нее начинается преждевременная линька. Когда много света, повышается активность, птица много находится в движении и больше расходует энергии.

Птица быстро вырабатывает условный рефлекс на время кормления. Если изменить часы кормления или место расположения птицы (из клеток на пол или наоборот), то она быстро реагирует на это, беспокоится и некоторое время с большой осторожностью подходит к кормушкам. Это происходит до тех пор, пока не будет выработан условный рефлекс на новые условия кормления и содержания, т. е. на

другую обстановку. В практике птицеводства иногда этим физиологическим фактором пренебрегают и часто меняют распорядок дня, переводят птицу из одного птичника в другой, с пола в клетки или наоборот. В результате яйценоскость снижается на 15—20%, а иногда полностью прекращается, особенно у высокопродуктивной птицы, которая отличается повышенной реактивностью нервной системы.

Все сказанное свидетельствует о том, что важно учитывать физиологические особенности птицы, поддерживать сложившиеся условнорефлекторные реакции в организме и не допускать ненужной ломки их. Необходимо строго соблюдать распорядок дня в птичнике и поддерживать его в течение всего времени содержания и выращивания птицы.

Нарушение сложившегося стереотипа или внезапное чрезмерное раздражение птицы вызывает в ее организме стрессы — перевозбуждение нервной системы. Факторы, вызывающие это перевозбуждение, называются стресс-факторами.

Типы нервной системы. В зависимости от функциональных свойств коры головного мозга — силы возбуждения и торможения, их уравновешенности (соотношения) и подвижности (т. е. быстроты смены одного процесса другим) — И. П. Павлов выделил у собак четыре основных типа нервной системы: живой, безудержный, спокойный и слабый.

Живой тип отличается большой силой и подвижностью процессов возбуждения и торможения. Уравновешенные нервные процессы быстро сменяются одни другими.

Животные безудержного (возбудимого) типа имеют сильные процессы возбуждения и торможения, но первые преобладают над вторыми. Животные такого типа неуравновешенны.

Спокойный тип (малоподвижный, инертный) характеризуется очень слабой подвижностью процессов возбуждения и торможения. Все перечисленные выше типы обладают большой силой нервных процессов, т. е. являются сильными типами нервной системы.

Животные слабого типа характеризуются слабо развитыми процессами возбуждения и торможения.

Между этими четырьмя типами могут быть промежуточные формы.

Типы нервной системы у птиц изучены недостаточно, однако имеются некоторые данные об индивидуальных особенностях в реакции птицы на разные раздражители. С. К. Карапетян изучал влияние различной длительности освещения на свойства высшей нервной деятельности у кур. До того как изменить световой режим, у них вырабатывали положительные условные реакции на фиолетовый свет и отрицательные на зеленый. Выяснилось, что по скорости образования условных рефлексов куры значительно отличались одни от других. У одних быстро образовался рефлекс на фиолетовый свет, у других медленно.

Из практики известно, что куры яйценоских пород в сравнении с курами мясного и мясо-яичного направления отличаются большей

подвижностью и повышенной реактивностью на все раздражители. Есть предположения, что куры высокой продуктивности в сравнении с низкопродуктивными имеют более активную нервную систему и поэтому резко реагируют на всякие изменения в кормлении и содержании. Опытами установлено, что одни особи бывают более активными, другие менее.

Сон. В период активного движения птицы и интенсивной работы всех органов в кору головного мозга поступают непрерывные импульсы по проводящим нервным путям. В силу этого нервные клетки находятся в состоянии напряжения. Длительная напряженная работа нервных центров может привести их к утомлению и истощению и как следствие к серьезным нарушениям физиологической деятельности. Поэтому в определенный период в коре головного мозга возникает тормозной процесс, который распространяется по ней, а затем переходит на промежуточный и средний мозг (подкорковые отделы) и наступает сон.

И. П. Павлов высказывал мысль о том, что сон является защитным, охранительным торможением, приспособлением организма к утомлению и функциональному истощению нервных клеток коры.

Птица почти половину своей жизни проводит во сне. С наступлением темноты она обычно устраивается на насестах или в каком-либо другом месте, засовывает голову под крыло и таким образом в определенной степени изолируется от внешних раздражителей и засыпает.

В период сна происходит ряд изменений физиологических функций. Спящая птица редко дышит (10—12 дыханий вместо 20—30 в дневные часы), общий обмен у нее снижается на 20—40%, замедляется работа сердца, несколько расслабляются мышцы, понижается температура тела на 0,2—0,5. Птица часто засыпает и днем, особенно спустя некоторое время после кормления. Ослабевшая птица засыпает чаще, чем здоровая. Без сна птица не может долго оставаться. Соблюдение покоя для птицы является очень важным для нормального сна и, следовательно, для повышения физиологических функций всех органов и тканей.

Анализаторы (органы чувств)

Согласно учению И. П. Павлова, анализатор — это сложный нервный механизм, состоящий из рецепторного, проводникового и центрального (мозгового) отделов. Последний представлен соответствующей областью коры больших полушарий головного мозга, где происходят восприятие и тончайший анализ поступающих раздражений.

Нервные окончания, или рецепторы, составляющие периферическую часть анализаторов, находятся во всех частях тела птицы. Они имеются в сетчатке глаза, внутренней части уха, коже, мышцах, стенках сосудов, носовой полости, стенке кишечника и во всех других внутренних органах, костях. Нервные окончания весьма разнообразны по своему строению и форме (пластинки, колбочки, спирали, валики и т. п.). Более сложное строение имеют рецепторные отделы уха и глаза.

За миллионы лет, прошедших с тех пор, как появилась первоптица, внешняя среда обитания птиц непрерывно изменялась и соответственно изменялись, усложнялись и очень тонко специализировались к определенному раздражителю нервные окончания и органы чувств в целом. Каждый рецептор может отвечать только на определенный адекватный раздражитель. Например, рецепторы уха воспринимают только звуковые волны, глаза — световые, стенки кишечника — изменение химического состава химуса в кишечной трубке, рецепторы стенок кровеносных сосудов реагируют на изменение кровяного давления и химического состава крови, обонятельные рецепторы — на качественный состав газообразных веществ и т. д.

В организме птиц имеются различные по структуре и функции рецепторы: механорецепторы, к ним относятся и тактильные рецепторы — воспринимают прикосновение к телу; прессо- и барорецепторы — контрактируют растяжение и давление; фонорецепторы — звуковые колебания; хеморецепторы — раздражение от действия химических веществ; терморецепторы — изменение температур; фоторецепторы — раздражение светом; осморецепторы — изменения осмотического давления.

Перечисленные и другие рецепторы, воспринимающие действие внешних раздражителей, расположены в основном ближе к поверхности, их называют **экстрорецепторами**. Рецепторы, которые воспринимают раздражения, связанные с изменением состояния и деятельности органов, тканей и внутренней среды организма, называют **интерорецепторами**. Рецепторы, воспринимающие раздражение в мышцах, называют **проприорецепторами**.

Под воздействием раздражителей в рецепторах (нервного волокна центrostремительного пути) возникает серия нервных импульсов. Рецепторы являются своеобразными микроскопическими трансформа-

торами (преобразователями) различного вида раздражений в нервные импульсы. Они сигнализируют в высший центр (кору головного мозга) о функциональном состоянии того или иного участка организма птицы.

Импульсы, поступающие в центральный отдел анализатора (определенную область коры головного мозга), подвергаются тончайшему анализу и приобретают новое качество: воспринимаются в виде ощущений.

В зависимости от раздражителей ощущения могут быть слуховыми, температурными, осязательными, обонятельными и вкусовыми. Кроме того, есть так называемое проприорецептивное, или мышечное, чувство. Это ощущение, которое возникает в результате действия импульсов, идущих от проприорецепторов, находящихся в мышцах и сухожилиях. Оно дает представление о положении тела, движении его и силе преодолеваемого препятствия. Есть ощущения, которые связаны с состоянием внутренних органов (их заполнением, уровнем секреции), — это ощущение голода, жажды.

Силы раздражения и ощущения взаимосвязаны. Ощущения могут возникать только при определенной силе раздражения. Та минимальная величина, которая вызывает ощущение раздражения, называется **порогом ощущения**. Между органами чувств имеется тесная взаимосвязь. Раздражение одного органа чувств вызывает усиление восприятия других.

Органы зрения состоят из глазного яблока со зрительным нервом и придаточных органов: век, слезных желез и двигательных мышц (рис. 104). Глаза расположены у большинства птиц по бокам головы.

Глазное яблоко спереди выпуклое, в задней части округлое, в середине в виде усеченного конуса. Яблоко имеет три оболочки: наружную, среднюю и внутреннюю. Наружная оболочка в передней части прозрачная, называется **роговицей**. Роговица у гусей и уток уплощенная, у кур более выпуклая. Она лишена кровеносных сосудов. Задняя часть наружной оболочки непрозрачная, ее называют **белковой** или **склерой**. Склера состоит из волокнистой соединительной ткани, она частично окостенела и в области, примыкающей к роговице, имеет чешуйчатое строение. Налгающие одна на другую чешуйки образуют кольцо склеры и придают форму глазу. Склера бедна кровеносными сосудами, в ней имеется хрящевая капсула, охватывающая яблоко от зрительного нерва до его середины.

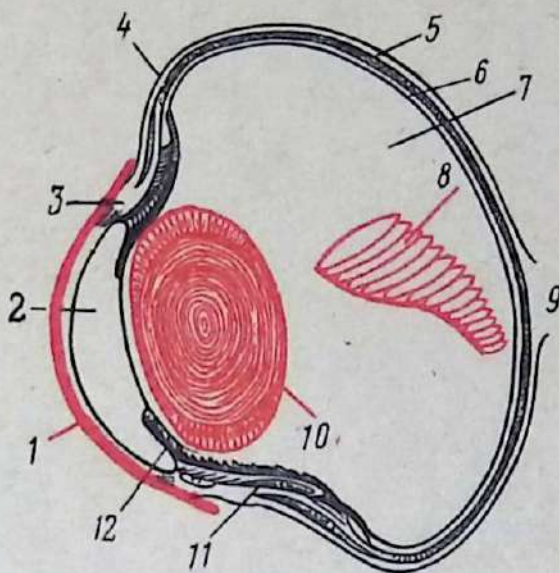


Рис. 104. Общее строение глаза птицы:

1 — роговая оболочка; 2 — передняя камера; 3 — конъюнктива; 4 — склера; 5 — сосудистая оболочка; 6 — сетчатка; 7 — студенистое тело глазного яблока; 8 — гребень; 9 — зрительный нерв; 10 — хрусталик; 11 — мускул реснитчатый; 12 — радужная оболочка.

В склере есть мякотные и безмякотные нервные волокна. В задней части склеры расположено отверстие, через которое из глазного яблока выходит зрительный нерв.

Сосудистая, или средняя, оболочка находится под склерой; она состоит из собственно сосудистой оболочки, радужной оболочки и ресничного тела.

Собственно сосудистая оболочка — это задняя часть сосудистой оболочки, в которой имеется много кровеносных сосудов; на ее внутренней части есть пигментные клетки, придающие ей темную окраску. В сосудистой оболочке у входа зрительного нерва имеется многослойная пластинка — гребень, он проходит через стекловидное тело до капсулы хрусталика, имеет большое количество кровеносных сосудов, соединенных с сосудами влагалища зрительного нерва. Сосуды гребня способствуют регулированию внутриглазного давления и питанию хрусталика.

Радужная оболочка является продолжением сосудистой. Она образуется в результате загибания сосудистой оболочки к оси глаза в области кольца склеры; ее сторона, обращенная к хрусталику, сильно пигментирована; сторона, обращенная к роговице, имеет серый, серо-желтый и другие цвета. В центре радужной оболочки есть отверстие — зрачок, окруженный более светлым кольцом, которое окрашено в коричневый, желтый или другой цвет. Через зрачок проходит луч света. В радужной оболочке имеются две мышцы: круговая и мышца, составленная из волокон, направленных радиально. Первая суживает зрачок, вторая расширяет его. Таким образом, зрачок может то уменьшать, то увеличивать просвет для прохождения лучей света; радужная оболочка выполняет роль подвижной диафрагмы.

Ресничное тело находится в средней части сосудистой оболочки. Она образуется из складок рыхлой соединительной ткани и ресничной мышцы. От ресничного тела к окружности хрусталика идут волокна (цинновья связка), которые подвешивают хрусталик.

Благодаря ресничной мышце и цинновой связке хрусталик изменяет кривизну. Поэтому глаз приспособляется к ясному видению предметов на различных расстояниях. Такое свойство его называется *а к к о м о д а ц и е й*.

Сетчатая, или внутренняя, оболочка глаза не имеет сосудов. В ней заложены нервные клетки типа колбочек и палочек, которые и представляют собой зрительные рецепторы. Нервные клетки типа палочек имеют в своем составе красный пигмент (зрительный пурпур). Палочки в несколько раз чувствительнее к свету, чем колбочки; и в том случае, когда освещение очень слабо, функционируют главным образом нервные клетки типа палочек. У кур в сетчатке глаза преобладают клетки типа колбочек, поэтому с наступлением темноты они плохо видят. У сов и других ночных птиц больше клеток типа палочек, поэтому они хорошо видят ночью. Домашние птицы, особенно куры, очень слабо адаптируются к темноте. Колбочки и палочки погружены в слой пигментного эпителия и соединены со вторым нейроном зрительного тракта — биполярными клетками. Каждая колбочка

соединена только с одной биполярной клеткой. Биполярные клетки передают возбуждение третьему нейрону — ганглиозным клеткам, нервные волокна которых составляют зрительный нерв.

Сетчатка является главной частью глаза. В ней происходят превращение лучистой энергии в нервное возбуждение и передача его в кору головного мозга.

Место, где нерв проходит в отверстие склеры, не имеет зрительных рецепторов, т. е. палочек и колбочек, поэтому оно нечувствительно к свету и называется слепым пятном.

Между внутренней поверхностью роговицы и передней поверхностью радужной оболочки есть камера, которая называется передней камерой глаза. Пространство от задней поверхности радужной оболочки до хрусталика образует заднюю камеру глаза. Обе камеры заполнены прозрачной жидкостью и соединяются между собой через отверстие зрачка. Остальное пространство глазного яблока, расположенное за хрусталиком, заполнено прозрачной студенистой массой, которая называется стекловидным телом.

Хрусталик — это абсолютно прозрачное двояковыпуклое тело, образованное эпителиальными клетками; у ночных птиц он особенно выпуклый. Задней более выпуклой поверхностью он помещается в особом углублении стекловидного тела, меньшей кривизной обращен вперед, к роговице. Он служит своего рода линзой для преломления лучей, проходящих через зрачок внутрь глаза.

Глаз имеет органы, которые выполняют защитные функции. К ним относятся слезные железы, веки и двигательные глазные мышцы.

Слезные железы имеют трубчатое строение. Их мало. Они расположены в верхнем и третьем веках в углу глаза, а внутри глаза имеется их выводной проток. Может быть два выводных протока, один из них открывается в наружный угол глаза. Слезная жидкость — это раствор органических веществ и минеральных солей. Она увлажняет роговицу и удаляет механические и химические раздражители глаза.

Веки — это верхние и нижние кожные складки, прикрывающие глазное яблоко. Внутренняя их поверхность — конъюнктив. У птицы имеется очень тонкое полупрозрачное, так называемое третье веко, или мигательная перепонка, расположенная во внутреннем углу глаза. Она служит для равномерного смачивания слезной жидкостью и очищения передней поверхности глаза. Мигательная перепонка состоит из эластичных волокон и хорошо развитых мышц. Она может закрывать всю переднюю часть глазного яблока. У птиц нет ресниц, у них имеются очень маленькие перышки в веках. Мускулатура глаза развита слабо, и поэтому глаз малоподвижен.

Световая чувствительность глаза. Лучи от освещенного предмета попадают на роговицу, проходят через нее, затем через переднюю камеру, хрусталик, стекловидное тело, и на сетчатке получается изображение предмета. В хрусталике и стекловидном теле проходящий луч света преломляется, поэтому изображение предмета получается резко уменьшенное и обратное.

Под влиянием света возникающие химические реакции в фотореагирующих клетках действуют на нервные окончания. В результате этого возникают нервные импульсы, которые передаются на биполярные клетки и распространяются по зрительным нервам. Внутри черепа зрительные нервы перекрещиваются, а после перекреста продолжают идти в виде зрительных путей и достигают зрительных бугров; отростки нейронов зрительного бугра направляются в затылочную область коры головного мозга. Импульсы, переходящие по зрительному пути в мозг, анализируются и превращаются в световое ощущение.

У птиц зрение развито очень хорошо, особенно у диких видов. Орел с большой высоты замечает на земле бегущую мышь. Цыплята различают все цвета спектра, но разницу в цветах они замечают только в том случае, когда одни предметы будут освещены в 10 раз сильнее, чем другие. При одинаковой освещенности цыплята лучше различают зеленый цвет, чем красный.

Учитывая особенности зрения домашней птицы, необходимо следить за тем, чтобы места, где находятся корм и вода, всегда были достаточно освещены. С наступлением сумерек птица не видит кормушек и не подходит, даже если в них имеется корм. Поэтому когда нужно повысить поедаемость корма, необходимо продлить световой день искусственным освещением птичника.

Орган слуха является сложным механизмом, который воспринимает и дифференцирует звуковые раздражения. Периферический аппарат его приспособился к восприятию звуковых волн, энергия которых преобразуется в нервное возбуждение и в виде импульсов по проводящим путям поступает в кору головного мозга. У птиц слуховой аппарат развит хорошо, он может улавливать до 18 000 колебаний в секунду (Герц). Птицы улавливают слабый писк цыпленка на расстоянии 5 м.

К органам слуха относятся: наружное ухо — звукоулавливающий аппарат; среднее ухо — звукопередающий аппарат; внутреннее ухо — звуковоспринимающий аппарат.

Наружное ухо состоит из наружной раковины и слухового прохода. У сельскохозяйственных птиц наружная раковина отсутствует, а вместо нее имеется веночек из перьев, которые улавливают звуковые волны. У некоторых птиц (ушастая сова) имеется ушная раковина в виде большой ушной складки, торчащей вверх.

Слуховой проход представляет собой короткую и сравнительно широкую перепончатую трубку, которая начинается от круглого наружного слухового отверстия и оканчивается барабанной перепонкой. Стенки слухового прохода выстланы складчатой кожей с наличием в ней слюнных желез.

Наружное ухо отделяется от среднего уха барабанной перепонкой. У кур, индеек и цесарок она натянута на окостеневшее замкнутое кольцо, а у уток и гусей — на незамкнутое. Барабанная перепонка состоит из нескольких слоев и имеет небольшую выпуклость в сторону наружного уха.

Среднее ухо передает колебательные движения воздуха от барабанной перепонки. Оно отделено от наружного уха барабанной

перепонкой, а от внутренней стенкой, в которой имеются два отверстия: так называемые овальное окошечко (окно преддверия) и круглое окошечко (окно улитки), первое расположено несколько ниже второго. Овальное окошечко полностью закрыто кольцевой связкой, соединяющей основание слуховой косточки с краем отверстия, а круглое — второй барабанной перепонкой.

Из среднего уха выходит евстахиева труба, которая, соединившись с трубой другой стороны, впадает в маленькую ямку, расположенную в небной части позади хоан. Благодаря евстахиевой трубе поддерживается равновесие давления воздуха внешней среды и среднего уха, в противном случае барабанная перепонка могла бы разорваться от разности давления. Внутри среднего уха имеется одна цилиндрической формы слуховая косточка — столбик (плумелла). Один ее конец присоединен к барабанной перепонке, на другом конце имеется маленькая пластинка, которая заходит в овальное окошечко внутреннего уха.

Внутреннее ухо — чувствительная часть слухового анализатора, рецептор звуков. Оно состоит из наружного костного лабиринта и внутреннего перепончатого лабиринта.

Костный лабиринт состоит из трех полукружных каналов, впадающих в преддверие, и лагены (улитки). Он расположен в каменистой части височной кости. Костные каналы за их форму называются полукружными. Они расположены в трех плоскостях почти перпендикулярно друг к другу. Различают верхний, задний и боковой каналы. В конце каждого канала имеется расширение (ампула). Ниже преддверия лабиринта отходит канал, называемый лагеной. Она у птиц имеет вид притупленного конуса, чуть изогнутого в конце.

Перепончатый лабиринт — это перепончатые образования, которые содержатся в костном лабиринте и в общем повторяют его форму (рис. 105). Между костным и перепончатым лабиринтами имеется жидкость — перилимфа, внутри перепончатого лабиринта находится другая жидкость — эндолимфа. Последняя содержит в 30 раз больше ионов калия и в 20 раз меньше ионов натрия в сравнении с перилимфой.

К перепончатому лабиринту относятся: три перепончатых полукружных канала, овальный и круглый мешочки, полости улитки (лагены), где расположены эндолимфатический и перилимфатический протоки (улитковый проток) и кортиев орган.

Перепончатые полукружные каналы представляют собой тонкостенные трубки, заполненные эндолимфой. С их помощью происходит превращение звуковых колебательных движений в нервные импульсы.

Улитковый проток имеет удлиненную форму, изогнут и заканчивается мешочком. Он сжат в полости лагены и удерживается на месте выступающими в ее полость двумя хрящевыми гребнями: задним хрящевым и передним, или нервным. Таким образом, получаются два пространства, окружающих улитковый проток: верхнее, называемое вестибулярным каналом, и нижнее — барабанный

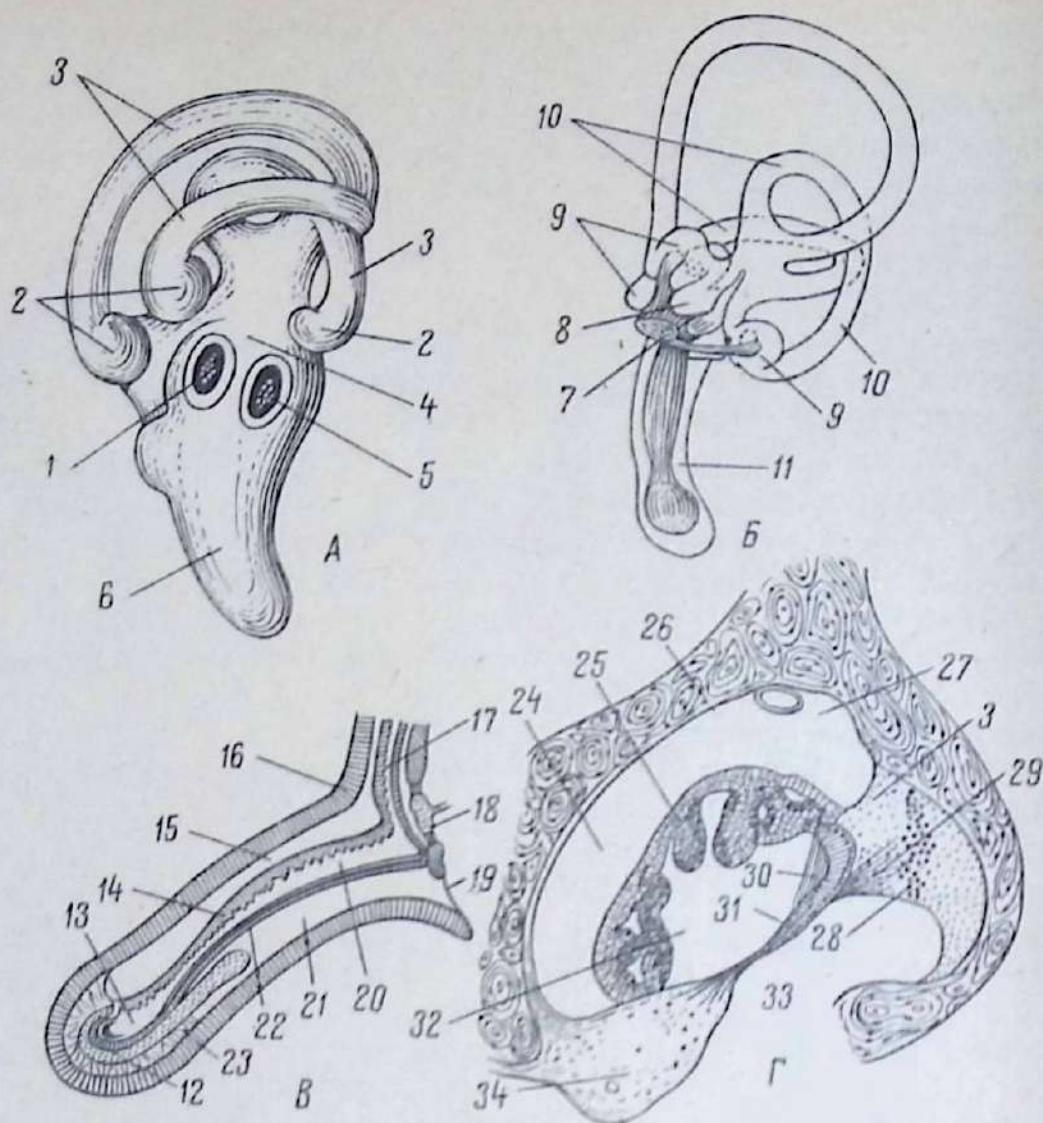


Рис. 105. Органы слуха и равновесия птиц:

А — костный лабиринт: 1 — овальное окно (окно преддверия); 2 — расширения полукружных каналов (ампулы); 3 — полукружные каналы; 4 — преддверие; 5 — окно улитки (круглое окно); 6 — улитка (лагена); Б — перепончатый лабиринт: 7 — слуховой нерв; 8 — овальный мешочек лабиринта; 9 — ампула; 10 — полукружные каналы; 11 — улитка; В — улитковая часть лабиринта (продольный разрез): 12 — слуховой сосочек лагены (кортиева орган); 13 — лагена; 14 — сосудистая сеть; 15 — вестибулярный канал; 16 — улитковая часть костного лабиринта; 17 — задний канал овального мешочка; 18 — овальное и 19 — круглое окошечки; 20 — улитковый и 21 — барабанный каналы; 22 — базальный слуховой сосочек (кортиева орган); 23 — перилимфатическое пространство; Г — лагена (поперечный разрез): 24, 27 — вестибулярный канал; 25 — сосудистая сеть; 26 — костная часть; 28 — улитковый ганглий; 29 — слуховой нерв; 30 — поверхностная мембрана; 31 — основная мембрана кортиева органа; 32 — улитковый канал; 33 — барабанный канал; 34 — задний хрящевый гребень (А. Веджетти).

канал. Первый отделен от среднего уха вторичной барабанной перепонкой, которая закрывает круглое окно, а второй заканчивается в преддверии.

Стенки улиткового протока в различных участках имеют неодинаковое строение. Та часть стенки, которая обращена к вестибулярному каналу, богата кровеносными сосудами и называется сосудистым покровом; часть, обращенная к барабанному каналу, — базальной (основной) перепонкой. Она поддерживает на уровне конечного расширения сложное образование — кортиева орган. Стенка

улиткового прохода имеет чувствительное пятно — слуховой сосочек лагены, он встречается у низших позвоночных, но отсутствует у млекопитающих.

Кортиев орган состоит из двух рядов рецепторных (воспринимающих) волосковых клеток, которые воспринимают и трансформируют звуковые колебания в нервные импульсы. Эти два слоя клеток расположены на базальной мембране. Каждая рецепторная клетка кортиева органа имеет удлинённую форму. Один конец клетки удерживается на базальной мембране, второй имеет волоски и находится в полости перепончатого канала улитки. Над волосками рецепторных клеток по всему ходу перепончатого канала расположена покрывающая волоски так называемая **покровная, или кроющая, мембрана**.

Механизм восприятия и передачи звука. Звук — это колебание воздуха, вызванное каким-либо предметом или прибором. При этом в одной части воздух оказывается более сжатым, в другой — менее сжатым, в силу этого образуется звуковая волна. Чем чаще колебания воздуха, тем выше тон воспринимаемого звука.

Перепончатые части внутреннего уха, о чем было сказано выше, погружены в жидкую среду — перилимфу, окружающую их снаружи, и эндолимфу, которая заполняет их полости изнутри. Звуки, поступающие из окружающей среды, проходят по слуховому проходу наружного уха и ударяют в барабанную перепонку, приводя ее в колебательное движение. Барабанная перепонка, в свою очередь, приводит в движение слуховую косточку, которая противоположным концом, как поршень, входит в овальное окошечко и своим поступательным и возвратным движением то сжимает, то расширяет перилимфу. Благодаря свойству жидкостей передавать давление в равной степени во все стороны вся масса перилимфы приходит в колебательное движение, которое поочередно сжимает перепончатый лабиринт и находящуюся в его полостях эндолимфу. Колеблясь, эндолимфа то поднимает, то опускает покровную пластинку (мембрану), расположенную на поверхности клеток кортиева органа, которая, в свою очередь, сжимает или расслабляет рецепторные волосковые клетки (слуховые клетки) и тем самым вызывает в них нервное возбуждение — импульсы. Последние по слуховому нерву передаются в кору головного мозга — в высшую инстанцию слухового анализатора, а оттуда по эфферентным путям к исполнительным органам как ответная реакция на возникающее звуковое раздражение.

Для того чтобы звук был услышан, нужна его определенная сила давления на барабанную перепонку. Та сила звука, при котором слуховое раздражение переходит в слуховое ощущение, называется **порогом или ощущением давления**.

У человека, млекопитающих животных и птиц различный диапазон восприятия звуков. Так, человек воспринимает звуки с частотой колебаний от 16 до 20 000 Гц, собака — свыше 20 000, птицы — от 200 до 18 000 Гц. Абсолютные пороги слуха у кур в пределах 90—9000 Гц, самая низкая граница слуха (40 Гц) у волнистых попугайчиков.

Чувствительность звука можно измерить энергией звуковых колебаний, выражаемой в эрг/см² в секунду. Чувствительность органа слуха изменяется в зависимости от частоты колебаний звука. Единицей измерения уровня громкости звука является бел. Б е л — это единица, представляющая собой десятичный логарифм отношения действующей интенсивности звука (j) к пороговой его интенсивности (j_0). В практике пользуются единицей измерения громкости звука 0,1 бела (децибел). Все существующие громкости звука (от еле слышимой до громовых ударов) измеряются шкалой, имеющей деление от 1 до 140 децибелов (дБ).

Максимальный уровень громкости, когда звук переходит в болевое ощущение, равняется 130—140 дБ; это такая величина силы звука, которая в 10^{13} — 10^{14} раз больше пороговой. При длительном воздействии звука большой силы чувствительность органа слуха падает, это объясняется адаптацией слухового анализатора к изменяющемуся уровню громкости звука.

С развитием интенсивного птицеводства и повышением уровня механизации в птицеводческих хозяйствах значительно повысился уровень интенсивности (сила) производственного шума от работы вентиляторов, кормораздатчиков, электродвигателей, автомашин и тракторов. Производственные шумы за пределами физиологически допустимых норм оказывают отрицательное влияние на физиологическое состояние организма и продуктивность птиц. Они вызывают резкие дегенеративные изменения в кортиевом органе, прогрессирующее снижение слуха (вплоть до полной его потери), повышают сердечный пульс, газообмен, снижают секрецию пищеварительных желез. Поэтому необходимо постоянно контролировать уровень шума и принимать меры к его снижению.

Допустимый уровень производственного шума в помещении для птиц 70—85 дБ. В результате непрерывного воздействия шума на организм птицы в период ее содержания в помещении она постепенно может адаптироваться к уровню шума до 90 дБ. Однако эта адаптация в конечном результате оказывает отрицательное влияние на организм птицы.

Анализатор равновесия тела. Анализатор равновесия тела, или вестибулярный анализатор, контролирует положение и движение тела в пространстве. Он состоит из костных и трех перепончатых полукружных каналов, круглого и овального мешочков, расположенных в преддверии перепончатого лабиринта. Круглый мешочек соединен с эндолимфатическим протоком (канальцем, который достигает твердой мозговой оболочки). Между костью и перепончатым лабиринтом имеется небольшое пространство, заполненное жидкостью — перилимфой, жидкость внутри перепончатого канала называется эндолимфой. Вязкость ее в 2—3 раза больше вязкости воды.

В ампулах полукружных каналов имеются чувствительные образования, которые называются а м п у л я р н ы м и г р е б н я м и. В отличие от млекопитающих, животных и человека у птиц имеется еще так называемое н е з а м е ч е н н о е п я т н о,

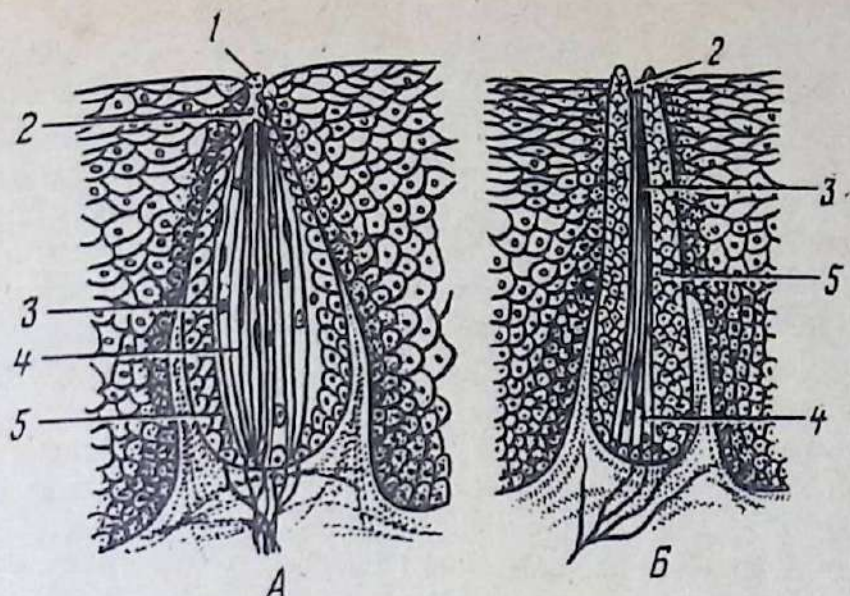


Рис. 106. Наиболее распространенные формы вкусовой луковицы птиц:

А — куриных; Б — гусиных; 1 — вкусовое отверстие; 2 — вкусовая ямка; 3 — чувствительные, 4 — опорные и 5 — периферические клетки.

расположенное на границе овального мешочка и ампулы заднего канала круглого мешочка.

Чувствительные пятна представляют скопление рецепторных клеток, которые снабжены одним подвижным и многими (68—80) неподвижными волосками (рис. 105). Волоски рецепторных клеток проникают в сетчатую ткань, имеющую студенистую консистенцию и покрывающую чувствительные пятна. В студенистой массе находится большое количество микроскопических кристаллических образований — *отолитов*, состоящих из фосфоруглекислого кальция.

Равномерное движение без ускорения или замедления не вызывает раздражения анализатора равновесия. Замедление движения, наклон головы, тряска и т. д. приводят к изменению положения отолитов. Они механически давят на чувствительные клетки и вызывают соответствующие нервные импульсы, сигнализирующие о пространственном состоянии тела.

Органы вкуса и обоняния относятся к химическим анализаторам, развиты слабо. Адекватным раздражителем для них являются химические вещества.

Органы вкуса у уток более чувствительны, чем у кур. Есть некоторые данные, что птица отличает горькое, сладкое, соленое. Вкусовые луковицы состоят из опорных и чувствительных клеток, которые являются рецепторами чувствительных нейронов (рис. 106). Вкусовые луковицы расположены в дистальной части языка и рассеяны в мягкой части нёба.

Органы обоняния расположены в носовых ямках в зоне обонятельных клеток носовой полости. Носовые ямки ведут в извилистый ход через раковины (конхи). Направление хода таково, что воздух, войдя в ноздри, отклоняется в дорсальную сторону и, подойдя к нижележащим дыхательным путям, вступает в контакт с обонятельной слизистой оболочкой.

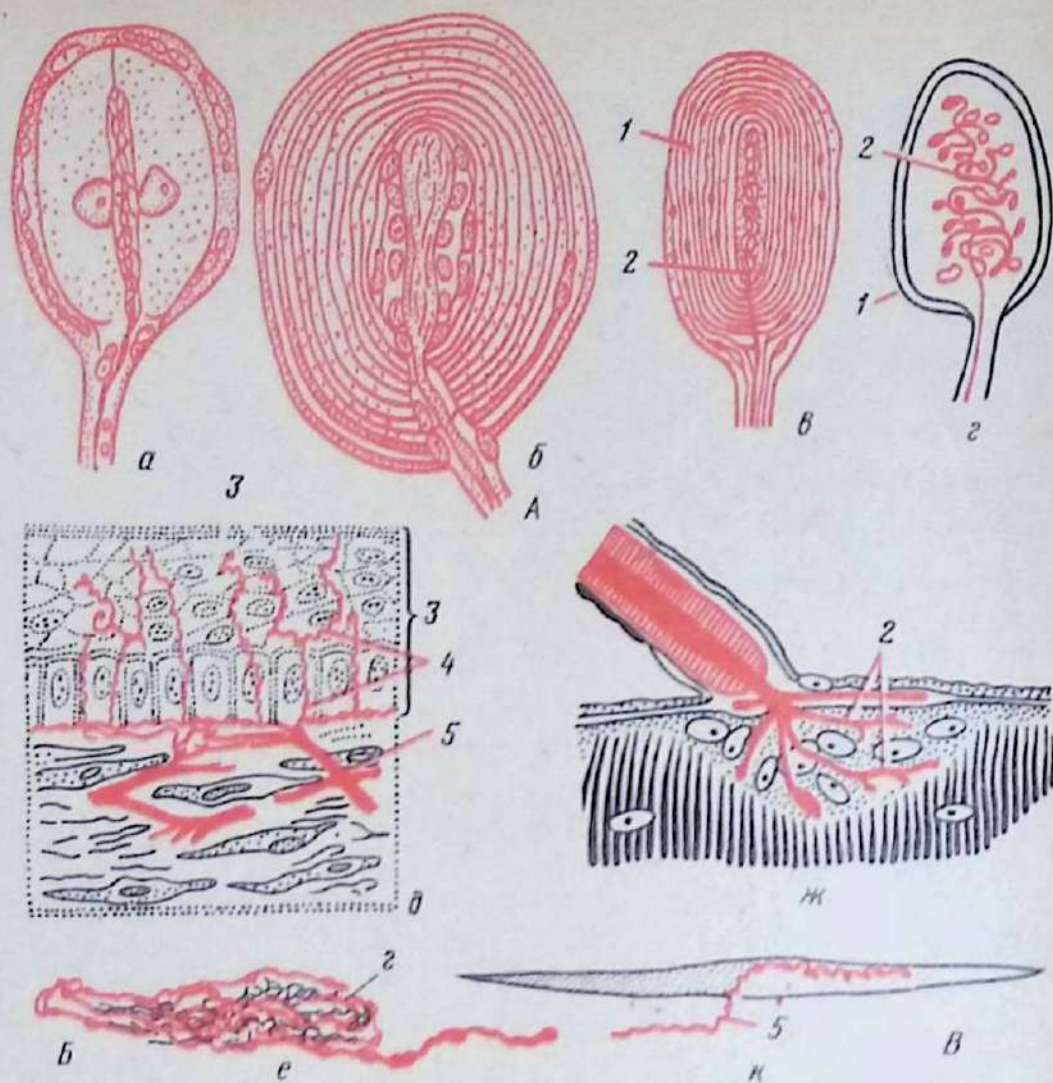


Рис. 107. Типы нервных окончаний:

А — чувствительные некапсулированные; Б — чувствительные свободные; В — двигательные; а — тельце Гранди; б — тельце Хербста; в — тельце Фатер-Пачини; г — тельце Мейснера; д — окончания в эпителии роговицы; е — в перикарде; ж — в волокне поперечнополосатой и гладкой мускулатуры; з — разветвление осевого цилиндра; и — эпителий; к — разветвления нерва; 5 — нерв (по Н. А. ГлазOLEVу и В. И. Игнатовой).

Кожная чувствительность. Органы осязания представлены в виде элементарных периферических нервных окончаний чувствительных нервов, встречающихся почти во всем покровном эпителии, особенно в участках кожи без оперения, и рассматриваются как рецепторы различных типов; у птиц наиболее распространены тельца Гранди и Хербста (рис. 107).

Лабораторно-практические занятия

Цель занятий. Ознакомиться с расположением и строением органов зрения и слуха.

Материалы и инструменты: курица, ножницы, пинцеты, скальпели.

Задание. Осмотреть органы зрения курицы. Рассматривают расположение глаз, верхнее, нижнее и третье веко. Обратят внимание на специфику строения ресниц. На муляже рассматривают глазное яблоко.

Задание. Осмотреть органы слуха курицы. Рассматривают у птицы наружное ухо, затем на муляже изучают строение внутренней части уха.

Введение	3
Глава I. Понятие о клетке, тканях и органах	12
Строение и физиология клетки (12). Ткань (36). Орган, система и аппарат органов (49). Лабораторно-практические занятия (50).	
Глава II. Кожный покров и его производные	54
Лабораторно-практические занятия (67).	
Глава III. Аппарат движения	68
Костная система, или скелет	68
Строение кости (68.). Скелет головы (73), туловища (77) и конечностей (83). Лабораторно-практические занятия (85).	
Мышечная система	86
Мышцы кожи (89), головы (90), шеи (91), туловища (91), конечностей (94). Физиология мышц (99). Лабораторно-практические занятия (102).	
Глава IV. Аппарат крово-лимфообращения	104
Кровь	104
Сердечно-сосудистая система	116
Сердце (116). Кровеносные сосуды (121). Физиология кровеносных сосудов (130).	
Лимфатическая система	131
Лабораторно-практические занятия (133).	
Глава V. Аппарат органов дыхания	135
Строение органов дыхания	136
Носовая полость (136). Верхняя и нижняя, или певчая, гортань (137). Трахея (138). Бронхи (138). Легкие (140). Воздухоносные мешки (140).	
Физиология дыхания	142
Механизм дыхания (142). Газообмен (145). Регуляция дыхания (149). Дыхание в полете (151). Лабораторно-практические занятия (151).	
Глава VI. Аппарат пищеварения	153
Строение органов пищеварения	153
Ротовая полость (153). Глотка (155). Пищевод (155). Зоб (155). Желудок (157). Кишечник (159). Поджелудочная железа (161). Печень (162).	
Физиология пищеварения	164
Пищеварение в ротовой полости и зобе (165), желудке (166), тонком отделе кишечника (169), слепых отростках кишки и в прямой кишке (172). Всасывание питательных веществ (173). Дефекация (175). Лабораторно-практические занятия (175).	
Глава VII. Обмен веществ и энергии	177
Обмен веществ	177
Обмен белков (179), жиров (182), углеводов (183). Минеральный (185) и водный обмен (193). Витамины (197).	
Обмен энергии	202
Лабораторно-практические занятия (210).	
Глава VIII. Аппарат мочеотделения	211
Лабораторно-практические занятия (215).	

Глава IX. Аппарат размножения	216
Органы размножения самок	216
Строение яичника (216). Развитие зародышевой клетки (216). Овуляция (220).	
Строение яйцевода (221). Формирование яйца в яйцеводе (223). Яйцекладка (225).	
Органы размножения самцов	227
Строение семенников (227). Сперматогенез (227). Осеменение кур, индеек, гусей и уток (229). Оплодотворение яйцеклетки (230). Физиологическая зрелость (231). Лабораторно-практические занятия (231).	
Глава X. Железы внутренней секреции	232
Щитовидная (232). Паращитовидная (234). Панкреатические островки (234).	
Надпочечники (234). Гипофиз (236). Эпифиз (237). Половые железы (237).	
Фабрициева сумка (237). Лабораторно-практические занятия (238).	
Глава XI. Нервная система	239
Центральная нервная система	239
Строение и функция головного (239) и спинного (242) мозга.	
Периферическая нервная система	244
Спинномозговые (245) и черепномозговые нервы (248). Вегетативный отдел нервной системы (249). Физиологические свойства нерва (252). Лабораторно-практические занятия (257).	
Глава XII. Высшая нервная деятельность	258
Рефлекторная деятельность центральной нервной системы (258). Типы нервной системы (266). Сон (267).	
Глава XIII. Анализаторы (органы чувств)	268
Органы зрения (269) и слуха (272). Анализатор равновесия тела (276).	
Органы вкуса и обоняния (277). Кожная чувствительность (278). Лабораторно-практические занятия (278).	

Виктор Михайлович Селянский

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ

Редактор В. С. Зелепукин
Художественный редактор Н. М. Корovina
Технический редактор В. А. Зорина
Корректор М. В. Черниховская

ИБ № 1408

Сдано в набор 05.06.79. Подписано к печати 19.03.80. Т-05145.
Формат 60 × 90¹/₁₆. Бумага офс. № 2. Гарнитура таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 17,5 + 2 цв. вкл. Уч.-изд. л. 19,92. Изд. № 165. Тираж
23 000 экз. Заказ № 440. Цена 80 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Жолос», 107807,
Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государст-
венном комитете по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97