

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Ю.А. Успенская

ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ

Часть 3

Рекомендовано учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» и 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза»

Электронное издание

Красноярск 2019

ББК 45.27

У 77

Рецензенты:

А.А. Савченко, д-р мед. наук, профессор, зав. каф. физиологии им. проф. А.Т. Пшоника Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого
М.В. Бойченко, канд. биол. наук, зав. химико-токсикологическим отделом Красноярской краевой ветеринарной лаборатории

У 77 **Успенская, Ю.А. Основы физиологии животных. Часть 3:**
учеб. пособие [Электронный ресурс] / Ю.А. Успенская; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 329 с.

Содержит общетеоретические положения о процессах жизнедеятельности животного организма и составляющих его частей, от клеток до систем органов, в их единстве и взаимосвязи с окружающей средой, и лабораторный практикум с алгоритмами лабораторных работ.

Изложены основные данные по физиологии возбудимых тканей, системам крови и органов кровообращения, системам органов грудной и брюшной полостей, обмену веществ и энергии, физиологии размножения и лактации, составляющие второй модуль «Физиология животных» дисциплины «Морфология и физиология сельскохозяйственных животных».

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» и 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза».

ББК 45.27

© Успенская Ю.А., 2019

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Физиология животных (*от греч. physis – природа, logos – учение*) – биологическая наука, изучающая процессы жизнедеятельности животного организма и составляющих его частей (клеток и субклеточных структур, тканей, органов, систем органов) в их единстве и взаимосвязи с окружающей средой.

Физиология сельскохозяйственных животных является одним из лидирующих направлений физиологической науки. Накопление фактического материала по физиологии сельскохозяйственных животных и его обобщение позволили сформулировать целый ряд положений, имеющих не только прикладное, но и фундаментальное значение.

Физиология животных – многопрофильная дисциплина, включающая в себя *общую и клеточную физиологию, физиологию отдельных систем и органов* – кровообращения, дыхания, пищеварения, развития, иммунитета, эндокринной и репродуктивной систем, нейрофизиологию и физиологию поведения.

Физиология животных тесно связана с другими биологическими дисциплинами – анатомией, гистологией, эмбриологией, биохимией, биофизикой, биотехнологией. На основе физиологических данных устанавливается потребность животных в питательных веществах и энергии, внедряются эффективные приемы воспроизведения (искусственное осеменение самок, трансплантация зигот), осуществляется тренинг спортивных лошадей и дрессировка служебных собак, применяются биологически активные вещества – витамины, антибиотики, гормоны, тканевые стимуляторы и прочие средства, стимулирующие рост и продуктивность животных.

Цель изучения физиологии животных – формирование фундаментальных и профессиональных знаний о физиологических процессах и функциях в организме сельскохозяйственных животных, необходимых для научного обоснования мероприятий, связанных с созданием оптимальных условий производства и реализации продукции животноводства.

Задачами физиологии животных являются:

- познание общих и частных механизмов и закономерностей деятельности клеток, тканей, органов, систем органов и целостного организма, механизмов нейрогуморальной регуляции физиологических процессов и функций у продуктивных животных;
- приобретение навыков по исследованию физиологических

констант и умений использования знаний физиологии в практике животноводства и при переработке продуктов животноводства.

Объектом изучения физиологии животных являются все виды домашних млекопитающих и птиц, используемых в сельском хозяйстве.

Учебное пособие «Физиология животных. Часть 3» разработано в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования и на основе примерной программы дисциплины «Морфология и физиология сельскохозяйственных животных», рекомендованной Министерством образования РФ для высших сельскохозяйственных учебных заведений для направления подготовки «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». В нем освещен теоретический и практический материал по второму модулю дисциплины «Морфология и физиология сельскохозяйственных животных» – «Физиология животных», включающий такие разделы, как физиология возбудимых тканей, системы крови и органов кровообращения, системы органов грудной и брюшной полостей, обмен веществ и энергии, физиология размножения и лактации.

Настоящее учебное пособие разрабатывалось как самодостаточный курс, позволяющий в ходе самостоятельного обучения получить комплексное всестороннее представление о предмете, ознакомиться с основами терминологической, теоретической и практической сторон физиологии животных. Это комплекс материалов для самостоятельного овладения студентом вторым модулем учебной дисциплины «Морфология и физиология сельскохозяйственных животных», создающий основу для последующего формирования профессиональных компетенций бакалавра.

Предлагаемое вниманию студентов учебное пособие хорошо иллюстрировано, содержит теоретический курс и лабораторный практикум по пяти главам, довольно значительный список литературы и тесты самоконтроля. По завершении той или иной темы студенту предлагаются контрольные вопросы для подготовки к дифференцированному зачету. Представленный материал окажет студенту большую помощь в деле подготовки к текущей, промежуточной и итоговой аттестации и будет являться хорошей основой для самоконтроля и тестирования.

Глава 1. ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЮ. ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

1.1. Определение физиологии, ее задачи и основные разделы. Основные методы физиологических исследований

Физиология животных – биологическая наука, изучающая процессы жизнедеятельности животного организма и составляющих его частей (клеток и субклеточных структур, тканей, органов, систем органов) в их единстве и взаимосвязи с окружающей средой.

Объектом изучения физиологии животных является макроорганизм животного.

Физиология изучает физиологические процессы и функции живого организма на уровне клеток, тканей, органов и организма в целом, в их взаимосвязи между собой и с учетом влияний условий окружающей среды, технологии содержания, а также поведенческие реакции животных.

• Основными *задачами* физиологии являются:

- 1) изучение закономерностей жизненных процессов (обмена веществ, дыхания, пищеварения и др.) на разных структурных уровнях;
- 2) выяснение механизмов, обеспечивающих взаимодействие отдельных частей организма и организма как целого с внешней средой;
- 3) выявление качественных различий физиологических функций у животных, находящихся на неодинаковых уровнях эволюционного развития или обитающих в разных экологических условиях;
- 4) изучение становления физиологических функций, их формирования на разных этапах индивидуального развития;
- 5) познание поведенческих реакций и механизмов их формирования;
- 6) приобретение навыков исследования физиологических функций.

• В физиологии животных выделяют следующие основные разделы:

- 1) **общая физиология** – изучает физиологические процессы, свойственные всем живым организмам (физиологию клетки, физиологию возбудимых тканей);
- 2) **частная физиология** – изучает особенности и закономерности физиологических процессов и функций отдельных систем организма (нервной, эндокринной, крови, кровообращения, дыхания и др.);

- 3) **сравнительная физиология** – изучает особенности физиологических процессов и функций в сравнительном аспекте у животных разных видов (например, насекомых, рыб, птиц, млекопитающих);
- 4) **эволюционная физиология** – изучает историю возникновения и преобразования процессов и функций организма в процессе эволюции животного мира;
- 5) **экологическая физиология** – изучает механизмы адаптации животных к специфическим условиям обитания;
- 6) **возрастная физиология** – изучает динамику развития и угасания физиологических функций в различные периоды индивидуального развития (онтогенеза);
- 7) **отраслевая физиология** – изучает особенности физиологических процессов и функций, связанных с продуктивностью животных (физиология лактации, откорма и др.).
- 8) Физиология животных тесно связана с такими биологическими науками, как анатомия, гистология, цитология, эмбриология, биохимия, биофизика, биотехнология. На основе физиологических данных устанавливается потребность животных в питательных веществах и энергии, внедряются эффективные приемы воспроизведения (искусственное осеменение самок, трансплантация зигот), осуществляется тренинг спортивных лошадей и дрессировка служебных собак, применяются биологически активные вещества (витамины, гормоны, тканевые стимуляторы и другие средства, стимулирующие рост и продуктивность животных).
- 9) В свою очередь физиология является теоретической основой для фармакологии, терапии, акушерства, хирургии, разведения, кормления, зоогигиены и других наук.

Основные методы физиологических исследований

Для познания физиологических процессов и функций живого организма в физиологии применяют 2 метода:

- 1) **метод наблюдения** – метод оценки проявления физиологического процесса, функции органа, ткани в естественных условиях. Этот метод не позволяет узнать, почему осуществляется тот или иной физиологический процесс или функция. Метод наблюдения выполняется с применением различных приборов и вспомогательных операций (наложение фистул на исследуемый орган, вживление электродов и др.);

2) **метод эксперимента (или опыта)** – метод определения роли факторов, обеспечивающих деятельность тканей, органов, организма путем направленного устранения или усиления действия того или иного фактора их жизнедеятельности. Этот метод позволяет узнать, почему осуществляется данный физиологический процесс или функция. Метод эксперимента выполняется с применением различных приборов и вспомогательных приемов (изоляция нерва, вживление электродов, наложение фистул и др.).

1.2. Основные принципы структурно-функциональной организации организма животных

Организм – открытая, самостоятельно существующая, саморегулирующаяся единица органического мира, которая отвечает реакцией как единое целое на изменение условий окружающей среды.

- Различают следующие уровни организации организма: *системный, органный, тканевой, клеточный и субклеточный*.

Орган – это часть тела определенной формы, состоящая из нескольких тканей и специализирующаяся на выполнении определенных видов деятельности. Органы организма объединены в системы.

Система органов – объединение органов, участвующих в выполнении сложной общей деятельности (например, система, обеспечивающая кровообращение).

У высших животных функционируют следующие системы: *опорно-двигательная, пищеварительная, дыхательная, транспортная* (кровь, кровообращение, лимфообращение), *выделительная, половая, иммунная, нервная и эндокринная*.

Ткань – система клеток и межклеточных структур, обладающих общностью строения, происхождения, развития и функции. Все разновидности тканей в животном организме объединяют в 4 типа: эпителиальные, опорно-трофические, мышечные и нервная.

Клетка – структурно-физиологическая единица тканей, органов и организма в целом. Клетка состоит из плазматической мембраны, цитоплазмы и ядра. Плазматическая мембра на состоит из двух слоев фосфолипидов и одного слоя белков. Цитоплазма содержит в себе следующие компоненты: эндоплазматическую сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы, митохондрии, клеточный центр и включения. Роль скелета клетки играют цитоплазматические микротрубочки. Ядро состоит из ядерной оболочки, кариоплазмы и ядрышка.

1.3. Регуляция жизнедеятельности организма

- Для поддержания жизнедеятельности все функции организма регулируются двумя путями: *гуморальным и нервным*.

1. Гуморальная, или химическая, регуляция – осуществляется биологически активными веществами, циркулирующими в жидкостях средах организма (крови, лимфе и тканевой жидкости). Эти вещества могут поступать с пищей (например, витамины), образовываться в процессе обмена (углекислота, аминокислоты и др.), синтезироваться эндокринными органами (гормоны). Наиболее важными регуляторами являются гормоны. Клетки также выделяют во внеклеточную среду продукты своей жизнедеятельности – метаболиты, участвующие в ряде физиологических реакций (например, биогенные амины, простагландины). Гуморальные регуляторы специфичны и влияют на деятельность лишь определенных органов. Гуморальная регуляция не способна быстро изменять функции органов, так как эта регуляция ограничена скоростью движения крови по сосудам.

2. Нервная регуляция – обеспечивает быстрое изменение функций органов и систем и координацию их деятельности за счет развитой иннервации органов и высокой скорости распространения импульсов по нервным волокнам.

Нервная регуляция осуществляется в соответствии с рефлекторным принципом.

Рефлекс – это реакция организма, осуществляемая при участии центральной нервной системы в ответ на раздражение рецепторов.

- Различают 2 типа рецепторов:

- 1) рецепторы, воспринимающие раздражения из внешней среды (световые, звуковые и др.) и расположенные на внешней поверхности тела, называются экстерорецепторы;
- 2) рецепторы, воспринимающие изменения состояния органов и внутренней среды организма, называются интерорецепторы.

Рецепторы специфичны по отношению к определенным раздражителям (механорецепторы, хеморецепторы, терморецепторы, фоторецепторы, барорецепторы) и способны превращать энергию раздражения в нервные импульсы.

Путь, по которому осуществляется рефлекс, называют **рефлекторной дугой** (рис. 1). Он представляет собой последовательно соединенную цепочку нейронов: чувствительных, вставочных и двига-

тельных. Для осуществления рефлекса необходима целостность рефлекторной дуги. Выключение ее звена ведет к исчезновению рефлекса.

По афферентному (центростремительному) пути импульсы поступают в нервную систему (рефлекторный центр), где они перерабатываются и переходят на эfferентный (центробежный) путь. По нему нервные импульсы передаются к рабочему органу – эффектору (мышце, железе).

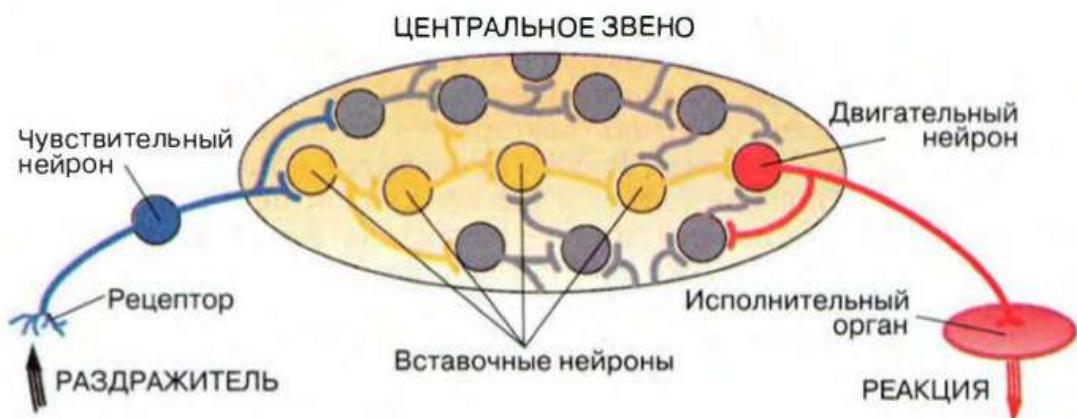


Рисунок 1 – Общая схема рефлекторной дуги

Сравнительная характеристика нервной и гуморальной регуляции приведена ниже.

Гуморальная регуляция подчинена нервной, в то же время оба механизма регуляции (нервный и гуморальный) работают согласованно, в тесном взаимодействии. Вместе они составляют единую систему ***нейрогуморальной регуляции***, обеспечивающую поддержание гомеостаза в организме.

Особенности нервной и гуморальной регуляции

Нервная регуляция	Гуморальная регуляция
1	2
Осуществляется с помощью нервных импульсов, возникающих в нейронах	Осуществляется с помощью гормонов и других биологически активных веществ
Сигналы (нервные импульсы) имеют электрическую природу, распространяются по нервным волокнам	Сигналы (биологически активные вещества) имеют химическую природу, распространяются жидкими средами организма
Высокая скорость передачи сигналов (до 120 м/с)	Сравнительно медленная передача сигналов (до 0,5 м/с)

Окончание табл.

1	2
Нервные импульсы направляются на конкретный орган или группу органов	Биологически активные вещества действуют на чувствительные к ним клетки-мишени во всех органах, в которых такие клетки имеются
Обеспечивает точный и быстрый ответ организма на действие раздражителей в виде двигательной активности, различных поведенческих реакций	Контролирует длительно протекающие процессы в организме: рост, развитие, обмен веществ и др. В определенных ситуациях переводит в активированное состояние сразу несколько систем организма

1.4. Понятие о гомеостазе

Гомеостаз – это постоянство внутренней среды организма и устойчивость его основных физиологических функций.

Поддержание гомеостаза является единственным способом существования организма, находящегося в постоянном контакте с внешней средой. Внутренняя среда организма строго контролируется по составу и физико-химическим свойствам. В поддержании гомеостаза участвуют почти все системы организма. Важная роль принадлежит *гипоталамусу*, который является высшим центром регуляции вегетативных функций (обмена веществ и энергии, питания, теплового и водного баланса, кровообращения, дыхания).

На организм человека постоянно действуют различные факторы окружающей среды, которые вызывают сдвиги в составе и свойствах внутренней среды, а компенсирующие механизмы сглаживают эти сдвиги. В результате колебания параметров среды совершаются в наиболее благоприятных для жизнедеятельности пределах.

Функциональные возможности механизмов поддержания гомеостаза не беспредельны. При неблагоприятных условиях существования организма адаптируется к этим условиям путем активации одних систем и притормаживания других. При воздействии чрезвычайных раздражителей показатели гомеостаза выходят из нормы, что нарушает функции организма и приводит к патологии.

При регуляции сложных систем существует обратная связь, т. е. *саморегуляция*.

Саморегуляция – это свойство биологических систем автоматически поддерживать на определенном постоянном уровне различные показатели.

Принцип саморегулирования лежит в основе гомеостаза, а в основе саморегуляции – принцип обратной связи. Запуск системы саморегуляции возникает в результате отклонения какого-либо жизненно важного фактора от константы, а восстановление параметра является результатом приспособительной деятельности.

1.5. Общие свойства возбудимых тканей

К возбудимым тканям относятся *мышечные и нервные ткани*.

В мышечной ткани возбуждение проявляется сокращением мышечных волокон, а в нервной ткани этот процесс выражается в проведении и передаче импульсов возбуждения.

- Нервная и мышечная ткани могут находиться в трех состояниях:

1) ***физиологический покой*** – состояние, когда ткань не проявляет признаков деятельности;

2) ***возбуждение*** – деятельное состояние живой ткани в ответ на раздражение. Признаками возбуждения являются:

- усиление обмена веществ и энергии;
- изменение химического состава ткани;
- изменение электрического заряда клеточной мембранны;
- деятельность ткани (например, возбужденная мышечная ткань сокращается);

3) ***торможение*** – процесс, проявляющийся в ослаблении или подавлении возбуждения.

- Возбудимые ткани обладают следующими общими свойствами:

1. **Раздражимость** – способность ткани реагировать на раздражение изменением обмена веществ и энергии. Это изменение носит местный характер и ограничивается только тем участком ткани, который подвергается раздражению.

2. **Возбудимость** – способность ткани отвечать на раздражение возбуждением в результате изменения ионной проницаемости мембранны и возникновения потенциала действия, а ***возбуждение*** – это видимое деятельное состояние ткани; явление, возникающее как ответ ткани на раздражение.

- Для характеристики возбудимости выделяют следующие понятия:

1) ***сила раздражителя*** – чем ткань более возбудима, тем ниже порог ее возбудимости и тем меньшая сила раздражителя требуется для получения ответной реакции;

2) ***время действия раздражителя*** – чем ниже возбудимость, тем

продолжительнее должен действовать раздражитель, чтобы ткань пришла в состояние возбуждения. Например, при утомлении мышцы возбудимость ее падает. Поэтому для приведения ее в возбуждение не только должен действовать раздражитель большой силы, но более продолжительным должно быть его действие. Таким образом, чем больше сила раздражителя, тем меньшее время он должен действовать, чтобы вызвать возбуждение, и наоборот;

3) *быстрота нарастания силы раздражителя*, или *закон градиента*, – раздражитель должен действовать мгновенно. Если сила раздражителя возрастает постепенно, то ткань на такое раздражение не реагирует, мышца не сокращается, нерв не дает волны возбуждения.

- Раздражители по своей природе бывают:

- *физические*: механические (удар, укол); термические (тепло, холод); электрические; световые; звуковые;
- *химические*: гормоны, кислоты, щелочи и др.;
- *биологические* – подразделяются на *адекватные* и *неадекватные*;
- ✓ *адекватные раздражители* – это раздражители, к которым ткань приспособлена (например, для сетчатки глаза адекватным раздражителем является свет, для мышцы – нервный импульс);
- ✓ *неадекватные раздражители* – это раздражители, к которым ткань не приспособлена, т. е. такие раздражители, действию которых ткань в естественных условиях обычно не подвергается (например, электрический ток, химические вещества).

- По силе раздражители делят на три типа:

- 1) *допороговой раздражитель* – это такой раздражитель по силе, который не вызывает ответной реакции. Его сила меньше пороговой. Мышечная ткань на допороговые раздражители не отвечает, а нервные центры отвечают, так как они способны накапливать эти раздражители до уровня пороговых;
- 2) *пороговый раздражитель* – это минимальный по силе раздражитель, способный вызвать ответную реакцию. Его сила выше допороговой;
- 3) *сверхпороговый раздражитель* – это раздражитель более сильный, чем пороговый, который может не вызвать ответную реакцию, так как приводит к необратимым изменениям.

3. **Лабильность (функциональная подвижность)** – способность ткани отвечать на определенный ритм раздражения. Она характеризует функциональное состояние ткани. Лабильность зависит от силы и частоты раздражения, свойств и состояния ткани, уровня обмена веществ, возраста животного и его физиологического состояния. В процессе роста организма лабильность увеличивается, а при старении уменьшается.

1.6. Механизм возникновения возбуждения

Механизм возникновения возбуждения объясняется *теорией натрий-калиевого насоса*.

Между внутренней и наружной поверхностями клеточной мембранны существует разность электрических потенциалов. Наружная поверхность мембранны заряжена положительно, а внутренняя – отрицательно. Разность зарядов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембранны в состоянии физиологического покоя клетки называется **потенциалом покоя**. Потенциал покоя возникает в результате пассивного и активного движения ионов через мембрану за счет наличия в ней пор, или каналов.

⇒ *Пассивное движение ионов* осуществляется по градиенту концентрации и не требует затраты энергии. Цитоплазма мышечных и нервных клеток содержит больше ионов K^+ , которые проникают через мембрану во внеклеточную жидкость. Ионов Na^+ больше во внеклеточной жидкости, чем в клетке, и проницаемость их через мембрану незначительна.

⇒ *Активный перенос ионов* осуществляется через ионные каналы с помощью молекул-переносчиков. Переносчик на внутренней поверхности мембранны захватывает из цитоплазмы ионы Na^+ и переносит их на наружную поверхность мембранны. Здесь ионы Na^+ отщепляются, а к переносчику присоединяются ионы K^+ , с которыми он движется обратно к внутренней поверхности мембранны.

В результате возбуждения клетки под действием раздражителей происходит перезарядка заряда мембранны: внутренняя ее сторона заряжается положительно, а наружная – отрицательно. Затем вновь восстанавливаются первоначальные заряды мембранны. Колебание потенциала, возникающее в результате перезарядки мембранны и восста-

новления ее исходного заряда, называется **потенциалом действия**. Такое колебание потенциала продолжается 1–5 мс. Снижение величины мембранныго потенциала называется **деполяризацией**, а увеличение – **гиперполяризацией**.

Потенциал действия, возникнув в одном участке нервной клетки, нервного или мышечного волокна, быстро распространяется по всей их поверхности в результате формирования так называемых круговых токов (рис. 2). Когда в каком-то участке нервного или мышечного волокна образуется возбуждение и появляется потенциал действия, между возбужденным и невозбужденным участками возникает разность потенциалов. Эта разность потенциалов приводит к появлению токов, которые раздражают невозбужденный участок, увеличивают проницаемость его мембраны для ионов Na^+ и вызывают образование потенциала действия в этом участке, а в участке, который ранее был возбужден, восстанавливается потенциал покоя. В результате происходит распространение импульсов возбуждения по всей длине мембрани.

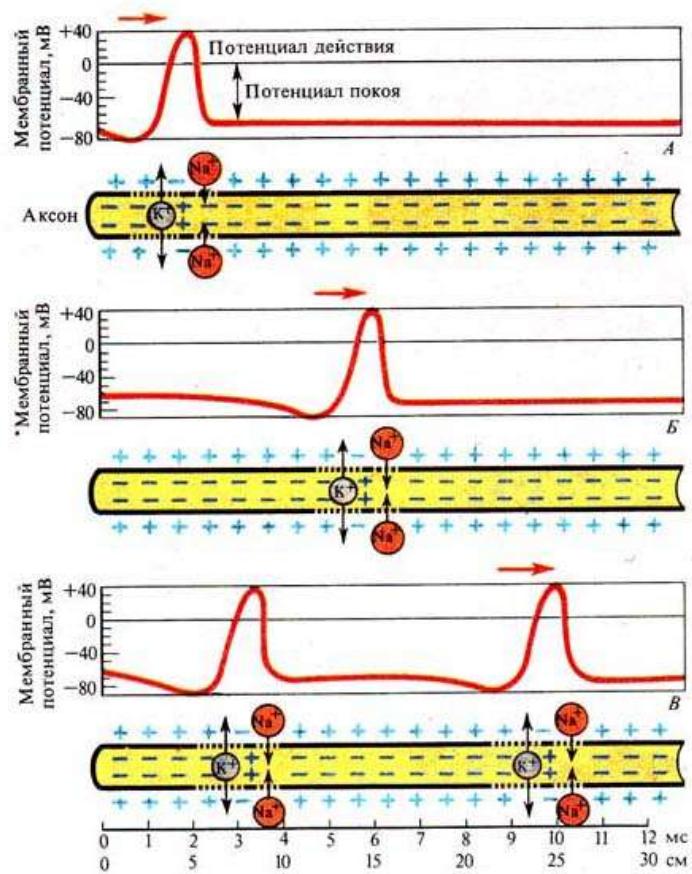


Рисунок 2 – Этапы распространения возбуждения по аксону нервной клетки (А, Б, В): А – физиологический покой; Б, В – стадии распространения потенциала действия. Вход Na^+ деполяризует участок мембрани, выход K^+ гиперполяризует

- В процессе возбуждения выделяют 7 периодов (рис. 3):
 - 1) латентный (скрытый) период** – между моментом нанесения раздражения на мышцу и началом ее ответной реакции протекает некоторое время, называемое латентным периодом возбуждения (около 0,01 с). В этот период появляется местное нераспространяющееся возбуждение и происходит небольшое повышение возбудимости ткани;

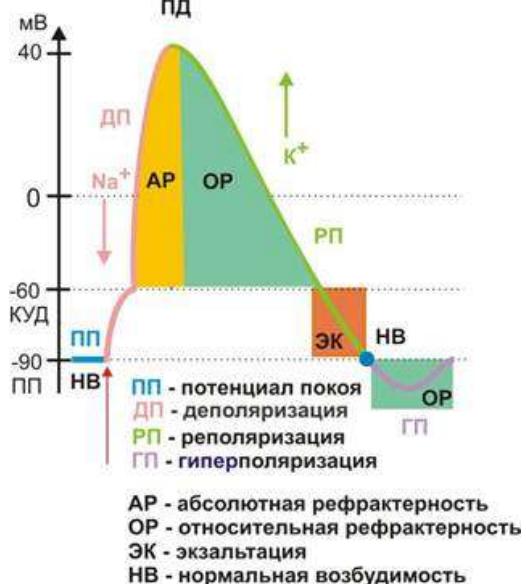
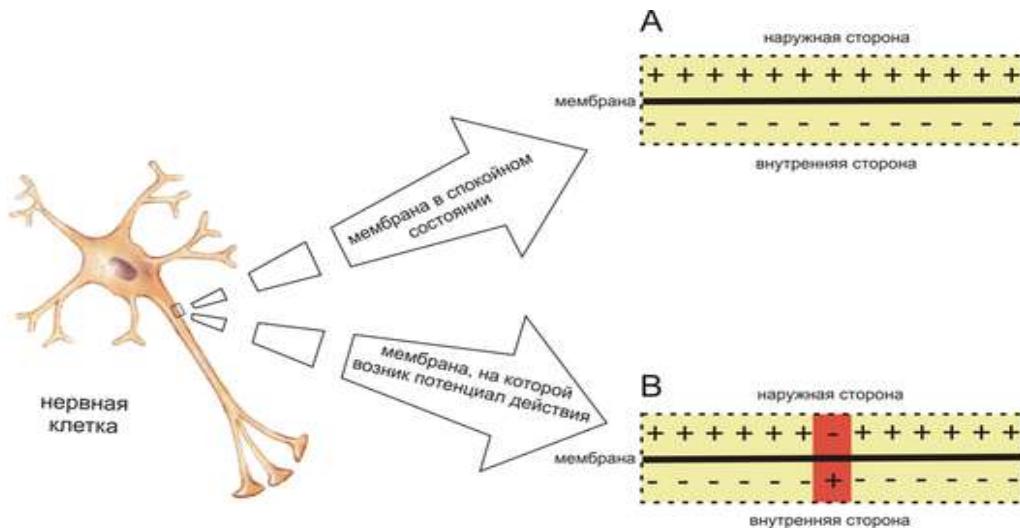


Рисунок 3 – Изменение возбудимости мембранны в процессе возбуждения

- 2) **потенциал действия (ПД)** – при действии раздражителей пороговой и сверхпороговой силы наступает деполяризация (изменение заряда) мембранны, открываются натриевые каналы и проницаемость мембранны для ионов Na^+ возрастает. В результате этого ионы Na^+ из внеклеточной жидкости устремляются внутрь клетки. При этом внутренняя поверхность мембранны приобретает положительный заряд, а наружная – отрицательный за счет внеклеточных анионов (рис. 4). Через 0,5–1,5 мс проницаемость мембранны для ионов Na^+ понижается до исходного уровня в результате закрывания натриевых каналов, а для ионов K^+ – повышается. Они начинают выходить из клетки и восстанавливают исходную разность потенциалов. В результате этих процессов происходит сокращение мышцы и проведение возбуждения по нерву;
- 3) **период абсолютной рефрактерности (невозбудимости)** – состояние ткани, когда она не отвечает ни на какие раздражители, т. е. ткань, только что подвергшаяся раздражению, на действие нового раздражителя не реагирует;



*Рисунок 4 – Графический вид потенциала действия:
A – спокойное состояние; B – мембрана, на которой возник потенциал действия*

- 4) **период относительной рефрактерности (невозбудимости)** – период, когда ткань способна отвечать на сверхпороговые раздражители;
- 5) **период экзальтации, или период повышенной возбудимости**, – период, когда ткань может отвечать на допороговые раздражители. В эту фазу ткань подготовлена для повторного возбуждения;
- 6) **субнормальный период, или период пониженной возбудимости**, – период, когда возбудимость ткани немного снижена по сравнению с величиной возбудимости в состоянии физиологического покоя. Этот период нежелателен для нанесения повторных раздражений;
- 7) **потенциал покоя** – характеризуется окончанием полного цикла возбуждения.

1.7. Механизм проведения возбуждения

1.7.1. Межклеточная передача возбуждения

- Передача возбуждения с нервного волокна на мышечное происходит через специализированное структурное образование, которое состоит из следующих составных частей:
 - 1) **двигательный нейрон**;
 - 2) **аксон**;
 - 3) **мышечное волокно**;
 - 4) **синапс** – это разновидность прерывистых контактов между клетками, приспособленных для односторонней передачи возбуждения или торможения от одного элемента к другому.

Процесс передачи импульса идет в определенной последовательности:

рецепторы или дендриты ⇒ нейрон ⇒ аксон ⇒ синапс ⇒ мышечное волокно.

- Синапс состоит из следующих элементов (рис. 5):

- 1) **пресинаптическая мембрана** – образована мембраной нервных веточек, идущих от аксона;
- 2) **постсинаптическая мембрана** – участок клетки, к которому подходит пресинаптическое окончание;
- 3) **межсинаптическая щель** – пространство между пресинаптической и постсинаптической мембранами.

При нанесении раздражения импульсы поступают или с рецепторов в клетку или по аксону от клетки. Раздражение поступает на пресинаптическую мембрану и вызывает деполяризацию мембраны. В результате образуется *возбуждающий пресинаптический потенциал*, который по мере поступления импульсов переходит в *местный пресинаптический потенциал*. Затем возникает *потенциал действия* (возникает в том случае, если он превышает потенциал покоя в 2–3 раза). Он переходит в *распространяющийся потенциал действия* (если он превышает потенциал покоя в 5–10 раз), который затем переходит на другие участки. Всем этим процессам способствует выделение медиаторов, которые образуются в митохондриях (рис. 6).

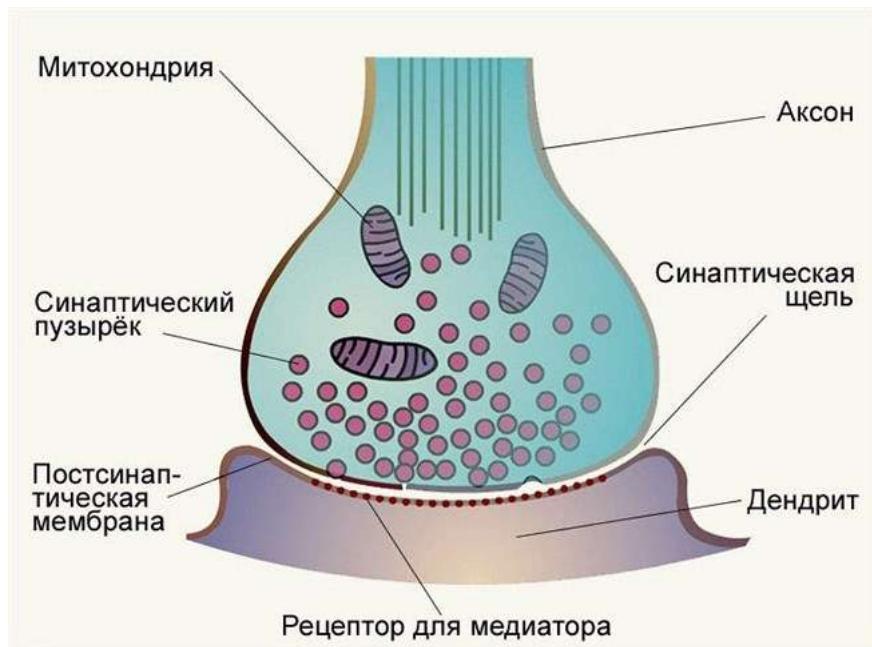


Рисунок 5 – Строение синапса

Медиаторы – химические вещества, обеспечивающие передачу возбуждения через синапсы. К ним относятся *ацетилхолин*, *норадреналин*, *серотонин*, *дофамин*, *глутаминовая кислота* и др. Под действием нервных импульсов медиаторы выделяются из синаптических пузырьков и через пресинаптическую мембрану поступают в межсинаптическую щель. Далее медиаторы проникают к постсинаптической мемbrane и соединяются с белками-рецепторами, специфическими для молекул медиатора (например, ацетилхолин соединяется с *холинорецептором*), в результате чего наступает деполяризация постсинаптической мембранны, возникают *постсинаптические потенциалы*, затем потенциал действия и мышца сокращается.

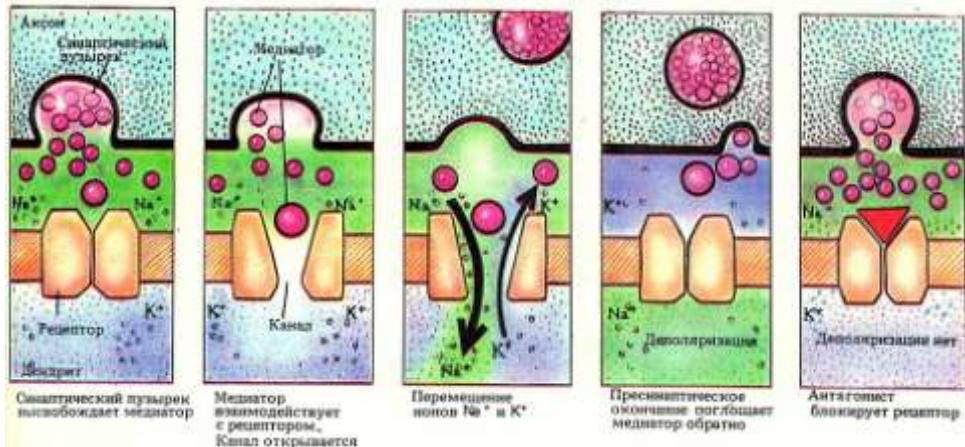


Рисунок 6 – Передача сигнала с помощью медиаторов

По мере выделения медиаторы могут разрушаться под действием ферментов. В результате этого восстанавливается исходное состояние синапса.

- Различают несколько видов синапсов:

1. В зависимости от локализации:

- **центральные** (между отростками нервных клеток, а также между отростками и телами клеток);
- **периферические** (между нервным окончанием и мышечным волокном).

2. От способа передачи возбуждения (рис. 7, 8):

- **химические** (передача возбуждения осуществляется при помощи медиаторов);
- **электрические** (передача возбуждения осуществляется при помощи электродвижущих сил, т. е. биотоков, возникающих между деполяризованным участком мембранны нервного волокна и поляризованным участком мембранны нервной клетки);
- **смешанные**.

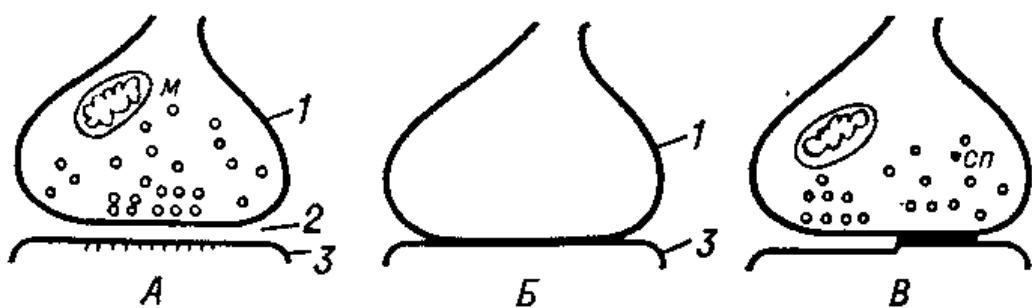


Рисунок 7 – Виды синапсов по способу передачи сигнала:

А – химические, В – электрические, Б – смешанные

1 – пресинапс; 2 – синаптическая щель; 3 – постсинапс

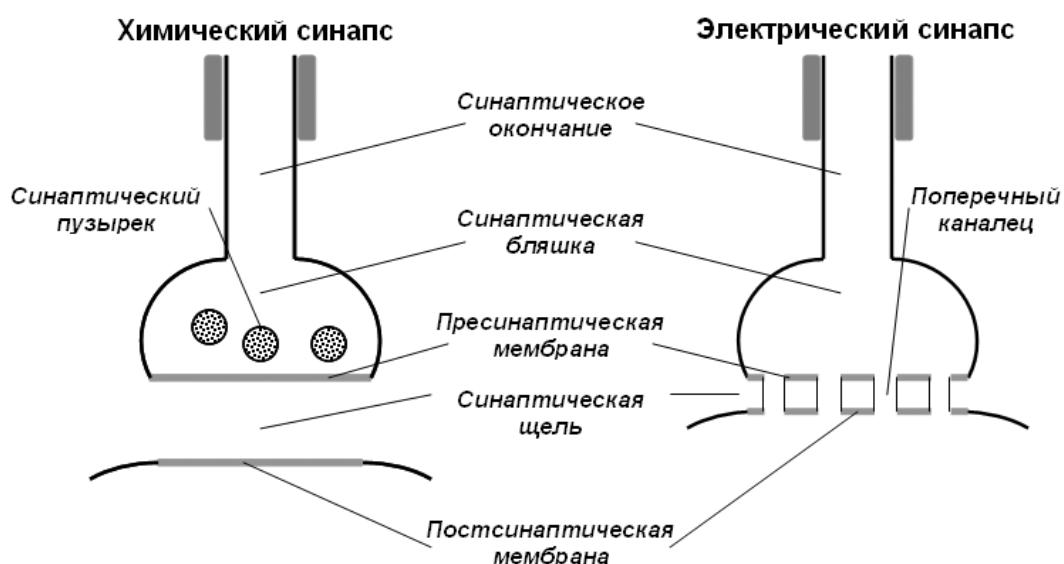


Рисунок 8 – Ультраструктура химического и электрического синапса

На рисунках 9 и 10 показан процесс передачи возбуждения в электрическом и химическом синапсах.

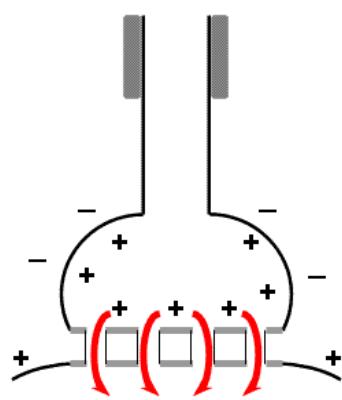


Рисунок 9 – Передача возбуждения в электрическом синапсе

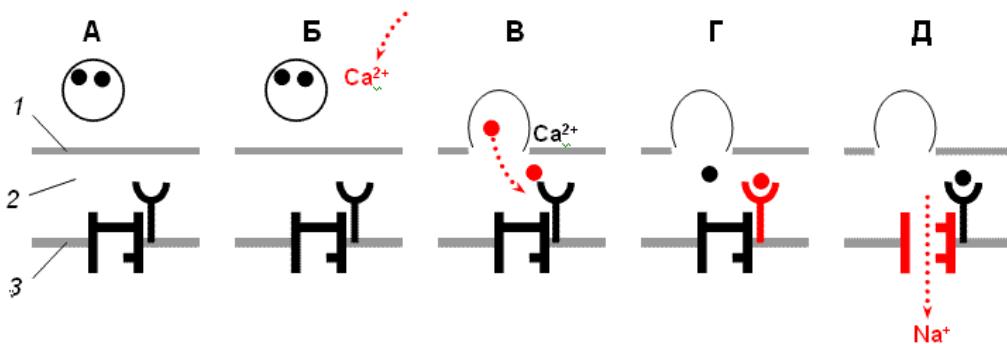


Рисунок 10 – Передача сигнала в возбуждающем химическом синапсе
А – Д – последовательность процессов при срабатывании химического синапса: А, Б – деполяризация пресинаптической мембранны, открытие потенциалчувствительных Ca^{2+} -каналов и поступление ионов Ca^{2+} в цитоплазму синаптического окончания при его возбуждении;
В – опорожнение синаптических пузырьков в синаптическую щель (выход ионов Ca^{2+}); Г – диффузия молекул медиатора через синаптическую щель к постсинаптической мемbrane и связывание с рецепторами Na^+ -каналов;
Д – присоединение медиатора к рецептору, открытие Na^+ -каналов, вход в клетку ионов Na^+ и возникновение возбуждающего постсинаптического потенциала (ВПСП). 1 – пресинаптическая мембра; 2 – синаптическая щель; 3 – постсинаптическая мембра

Сравнительная характеристика свойств электрических и химических синапсов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства электрических и химических синапсов

Свойство	Электрические синапсы	Химические синапсы
Проведение возбуждения	Двустороннее	Одностороннее
Утомляемость	Низкая	Высокая
Лабильность	Высокая	Низкая
Синаптическая задержка	Короткая	Длинная
Трансформация ритма ПД	Не происходит	Происходит
Чувствительны к действию	Электромагнитных излучений	Химических агентов

3. По функции (рис. 11):

- **тормозные** (в них выделяется медиатор гаммааминомасляная кислота (ГАМК), которая блокирует выход энергии и возбуждение не передается. ГАМК вызывает гиперполяризацию постсинаптической мембранны, что характерно для торможения);

➤ **возбуждающие** (в них выделяются такие медиаторы, как ацетилхолин, норадреналин и адреналин, вызывающие потенциал действия. Они вызывают деполяризацию постсинаптической мембраны, что типично для возбуждения).

4. От природы действующего агента:

- **холинергические;**
- **адренергические.**

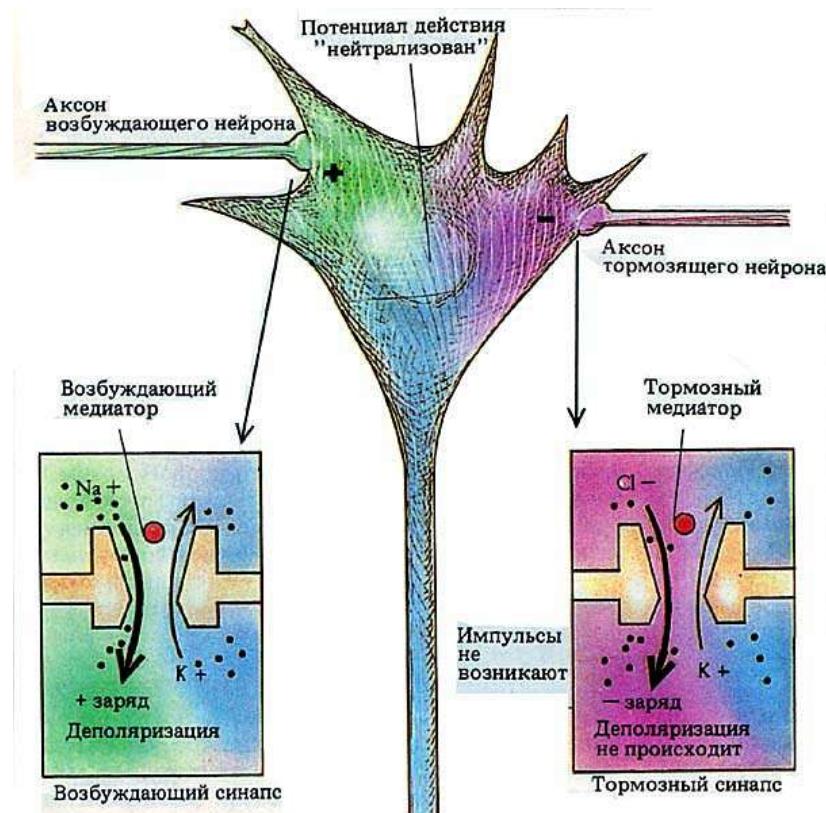


Рисунок 11 – Возбуждающий/тормозящий синапс

Синапсы могут быть между двумя нейронами (*межнейронные*), между нейроном и мышечным волокном (*нервно-мышечные*), между рецепторными образованиями и отростками чувствительных нейронов (*рецепторно-нейронные*), между отростком нейрона и другими клетками (*железистыми, ресничными*).

Таким образом, механизм передачи возбуждения зависит от состояния нейрона, способности аксона проводить возбуждение, состояния синапсов и лабильности мышечных волокон.

Значение синапса

- 1) в синапсах может происходить усиление импульса;
- 2) в синапсах импульс преобразуется из электрического в химический, из химического – в электрический;

- 3) синапсы обеспечивают взаимосвязь нервной системы с рабочим органом (иннервируемые нервным волокном клетки: нервные, мышечные, секреторные);
- 4) синапс обладает односторонней проводимостью, т. е. возбуждение с нервного волокна передается на мышцу, но возбуждение с мышцы не передается на двигательный нерв;
- 5) через синапс возбуждение проходит замедленно.

1.7.2. Передача возбуждения в рецепторах

Рецепторы – специфические чувствительные окончания, воспринимающие раздражения из внешней или внутренней среды и преобразующие энергию раздражителя в электрохимические сигналы – нервные импульсы.

- Существуют следующие виды рецепторов:

1. По расположению относительно источника стимуляции различают:

- **экстерорецепторы** (дистантные или контактные);
- **интерорецепторы** (висцерорецепторы во внутренних органах и проприорецепторы в мышцах).

2. По типу физической энергии стимулов:

- **фоторецепторы;**
- **механорецепторы;**
- **терморецепторы;**
- **хеморецепторы;**
- **понирецепторы** (воспринимающие болевое раздражение).

Взаимодействие раздражителя с мембраной рецептора приводит к повышению ионной проницаемости мембранны, проникновению натрия внутрь клетки, деполяризации мембранны и генерации так называемого *рецепторного потенциала*. Рецепторный потенциал проявляется в снижении мембранныного потенциала покоя, т. е. частичной деполяризации мембранны. Это снижение строго локально, оно возникает лишь в том участке мембранны, где действует стимул. Далее рецепторный потенциал трансформируется в потенциал действия (при участии химических медиаторов или электродвижущих сил).

Таким образом, генерация и передача возбуждения в рецепторах осуществляется тем же механизмом и в той же последовательности, что и в нервно-мышечном соединении. Однако возникающие здесь нервные импульсы распространяются центростремительно и несут информацию в анализирующие (сенсорные) центры.

1.8. Учение Введенского о парабиозе

Парабиоз – состояние ткани, когда она находится на грани смерти.

Причиной парабиоза является снижение лабильности ткани, т. е. способности к проведению возбуждений под действием повреждающего агента.

- Введенский выделил 3 стадии парабиоза (*рис. 12*):

- 1) **уравнительная стадия** – мышца на разные по силе и частоте раздражения отвечает одинаковыми сокращениями;
- 2) **парадоксальная стадия** – при слабых и редких раздражениях мышца сокращается сильно, а при сильных и частых она или совсем не сокращается, или реагирует очень слабо;
- 3) **стадия торможения** – при воздействии раздражителем любой силы и частоты мышца не сокращается. Эта стадия заканчивается состоянием, при котором отсутствуют видимые проявления жизни – возбудимость и проводимость. Это состояние Введенский назвал **парабиозом**. После удаления повреждающего агента парабиоз прекращается и функции поврежденного участка возвращаются к исходному состоянию, проходя те же стадии в обратном порядке. Если повреждающий агент не удалить, то ткань отмирает.

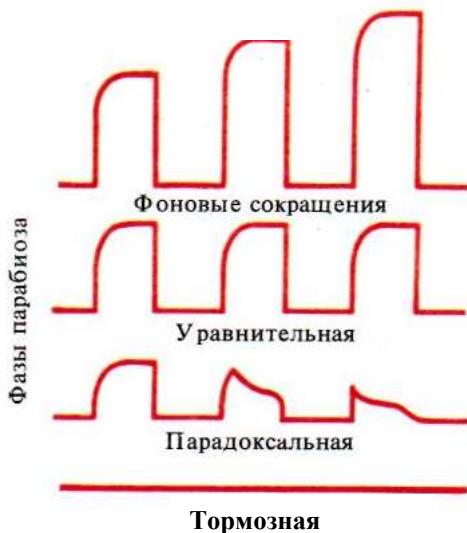


Рисунок 12 – Парабиоз (по Н. Введенскому): кривые мышечных сокращений (тетанусы)

1.9. Физиология мышц: строение и свойства

- По строению мышцы подразделяются:

- 1) на **поперечнополосатые мышцы** – преимущественно скелетные мышцы; они обеспечивают возможность активного передвижения;

2) **гладкие мышцы** – находятся во внутренних органах, в стенке сосудов; обеспечивают передвижение пищи по пищеварительному тракту, сужение и расширение кровеносных сосудов, выведение мочи из мочевого пузыря и т. д. Во внутренних органах есть и поперечнополосатая мускулатура (пищевод, сфинктеры мочевого пузыря, прямой кишки и т. п.).

Мышцы состоят из мышечных волокон. Отдельное волокно скелетной мышцы представляет собой клетку цилиндрической формы длиной до 12 см и диаметром 10–100 мкм. Гладкие мышцы состоят из клеток веретеновидной формы длиной 100–200 мкм и диаметром 2–10 мкм.

Каждое волокно окружено клеточной оболочкой – **сарколеммой** и содержит тонкие нити – **миофибриллы** (отсутствуют в саркоплазме гладкомышечных клеток; в ней имеются лишь нерегулярно расположенные миозиновые и актиновые протофибриллы длиной 1–2 мкм, поэтому поперечной исчерченности волокон не наблюдается). Внутри мышечного волокна находится **саркоплазма** – жидкость, в которую погружены миофибриллы (рис. 13).

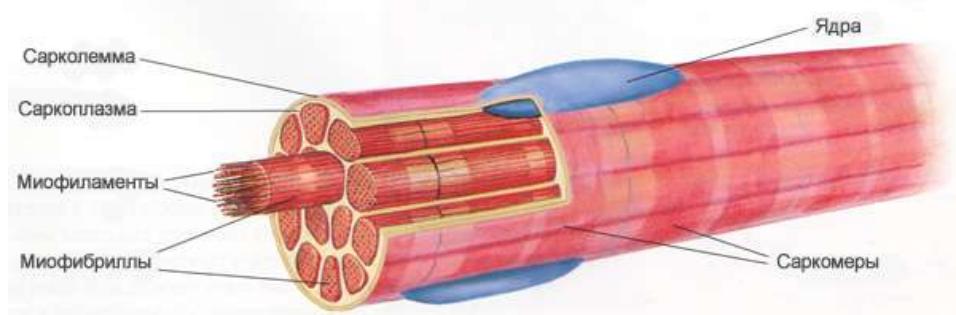
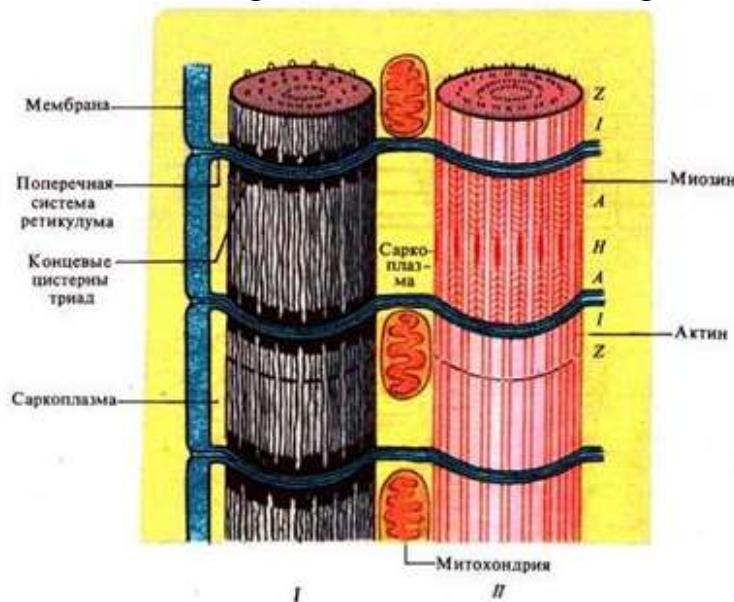


Рисунок 13 – Строение мышечного волокна

Миофибриллы – это способные к сокращению пучки нитей диаметром около 1 мкм (рис. 14, 15). Они являются основной частью мышечного волокна и обеспечивают сократительную функцию. Перегородки, называемые Z-мембранами, разделяют каждую миофибриллу приблизительно на 20 тыс. участков – **саркомеров**. В середине каждого саркомера располагаются толстые нити белка **миозина** (составляет 75 %), а на концах саркомера – тонкие нити белка **актина** (15–20 %). Нити актина своими концами входят между нитями миозина. Поперечная исчерченность миофибрилл обусловлена чередованием светлых участков (I-дисков), образованных актиновыми нитями, и темных (A-дисков), образованных миозиновыми нитями (в гладких мышцах

актиновые и миозиновые нити распределены неравномерно, поэтому в них нет поперечной исчерченности). В центральной части диска миозина актиновые и миозиновые нити не перекрывают друг друга (H-зона). Миофибриллы группируются в колонки, по 4–20 в каждой. Колонки окружены **саркоплазматическим ретикулумом** (системой трубочек), который участвует в передаче возбуждения от мембранных волокна вглубь к миофибриллам и в акте сокращения. Волокна скелетных мышц отличаются цветом. Красные волокна богаты саркоплазмой и содержат мало миофибрилл, в белых волокнах много миофибрилл и относительно мало саркоплазмы. К каждой мышце подходят кровеносные сосуды, двигательные и чувствительные нервы (мышцы иннервируются симпатическими и парасимпатическими нервами).



*Рисунок 14 – Миофибриллы с саркоплазматическим ретикулумом:
I – саркомеры; II – саркомеры с удаленным ретикулумом; A – анизотропные
диски; I – изотропные диски; H и Z – пластинки*

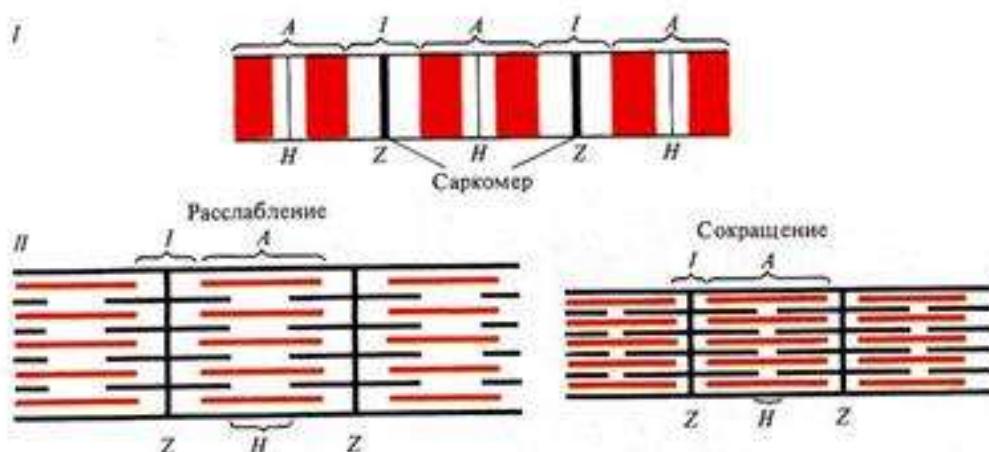


Рисунок 15 – Строение мышечного волокна (I) и миофибриллы (II):

A – анизотропные диски, I – изотропные диски, H и Z – пластиинки

Свойства мышц

- 1) ***возбудимость*** – способность мышцы отвечать на раздражение. Возбуждение в скелетных мышцах проводится изолированно, т. е. не переходит с одного мышечного волокна на другое в результате функционирования синапсов; в гладких мышцах возбуждение с одной клетки может распространяться на соседние;
- 2) ***растяжимость*** – свойство мышцы удлиняться под влиянием нагрузки;
- 3) ***эластичность*** – свойство мышцы возвращаться к первоначальному своему состоянию после удаления силы, вызвавшей деформацию;
- 4) ***пластичность*** – свойство мышцы сохранять форму после прекращения действия внешней силы.

Признаки отличия гладких мышц от скелетных мышц

- 1) отсутствие поперечной исчерченности;
- 2) более низкая возбудимость и проводимость гладкой мускулатуры;
- 3) большая длительность сокращения;
- 4) способность продолжительное время находиться в сокращенном состоянии без утомления;
- 5) способность гладких мышц сильно растягиваться, не меняя напряжения, благодаря чему давление в полых органах не увеличивается при их наполнении;
- 6) автоматия гладких мышц, т. е. способность сокращаться без внешних раздражений под влиянием импульсов, зарождающихся в них самих;
- 7) малые энергетические расходы и меньшее потребление кислорода гладкими мышцами в результате менее интенсивного обмена веществ.

1.10. Механизм сокращения мышц

Механизм сокращения мышц объясняется *теорией скольжения*.

Сокращению мышцы предшествует ее возбуждение, которое вызывается нервыми импульсами в области синапса. В синапсе освобождается медиатор ацетилхолин, который взаимодействует с постсинаптической мембраной, и в мышечном волокне возникает по-

тенциал действия.

В механизме сокращения мышечных волокон участвуют ионы Ca^{2+} . Транспорт Ca^{2+} из внеклеточной среды в клетку осуществляется по кальциевым каналам, расположенным в мембране клеток.

В состоянии покоя мышцы основная часть ионов Ca^{2+} хранится в саркоплазматическом ретикулуме. Под влиянием потенциала действия кальций освобождается из него и запускает механизм сокращения мышцы в результате изменения заряда мостиков миозиновых нитей. Нити актина притягиваются к нитям миозина и заходят между ними, что приводит к укорачиванию мышечного волокна и к сокращению мышцы (рис. 16).

После окончания потенциала действия активизируется кальциевый насос (Са-зависимая АТФ-аза) мембранны саркоплазматического ретикулума. За счет энергии, выделяющейся при расщеплении АТФ, кальциевый насос переносит ионы Ca^{2+} обратно в саркоплазматический ретикулум. Концентрация ионов Ca^{2+} в цитоплазме мышечного волокна уменьшается до уровня концентрации в покоящейся мышце. В результате этого комплекс актин – миозин распадается. Под влиянием нового потенциала действия снова выделяются ионы Ca^{2+} и процесс прикрепления мостиков нити миозина к нити актина повторяется.

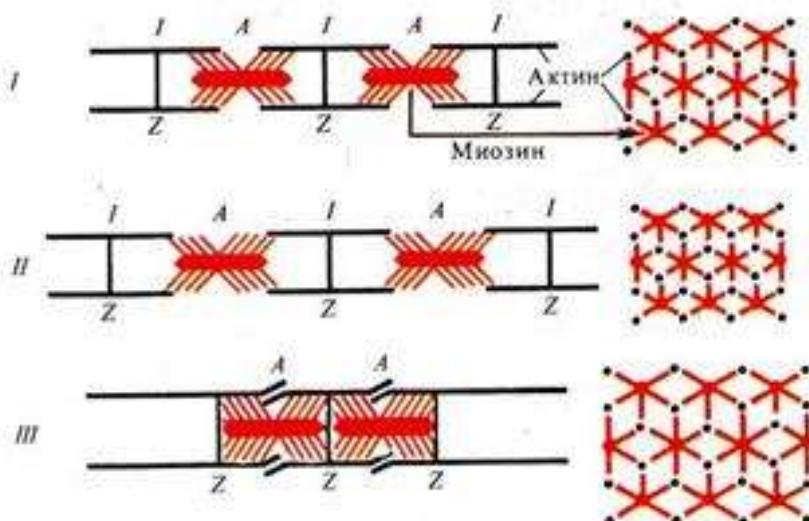


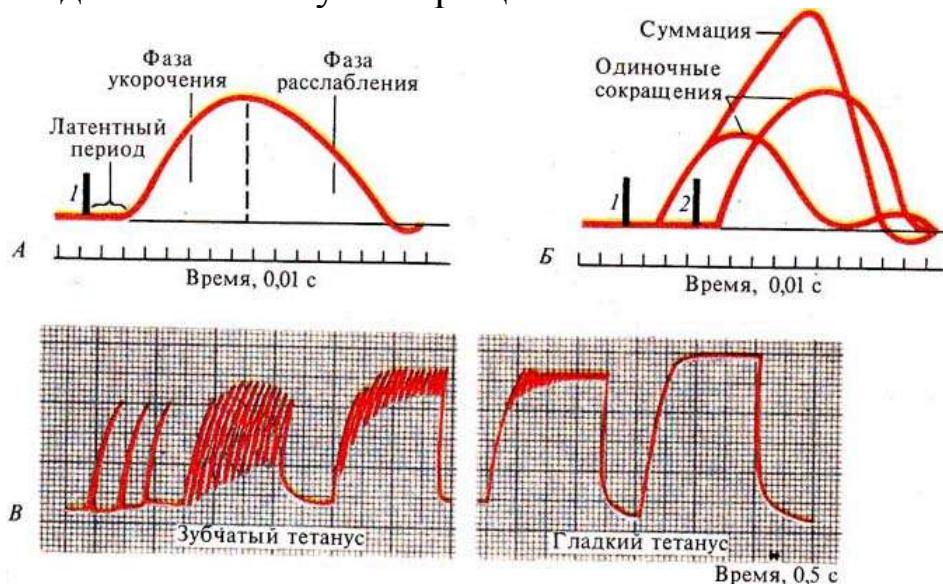
Рисунок 16 – Схема скольжения нитей актина и миозина в процессе сокращения: I – расслабленная миофибрилла, II – растянутая миофибрилла, III – сокращенная миофибрилла; слева – продольное расположение нитей, справа – поперечное сечение

- Различают 2 типа сокращения мышц (рис. 17):

1) **одиночное сокращение** – сокращение мышцы в ответ на одиночное раздражение (например, на однократное кратковременное раз-

дражение электрическим током мышца отвечает одиночным сокращением и тотчас расслабляется). Продолжительность одиночного сокращения составляет около 0,1 с (зависит от температуры окружающей среды: чем выше температура, тем короче сокращение; от функционального состояния мышцы: утомленная мышца сокращается медленнее, чем неутомленная; от состояния обмена веществ в мышце);

- 2) **тетаническое сокращение** – длительное сокращение мышцы при ее ритмическом раздражении. Наблюдается в результате того, что к мышцам поступают несколько возбуждающих импульсов. При этом ее одиночные сокращения суммируются, и происходит сильное и длительное сокращение мышцы. Оптимум сокращения мышцы будет в том случае, если ритмическое раздражение будет попадать в фазу экзальтации. При очень частых и сильных раздражениях наблюдается пессимум сокращения.



*Рисунок 17 – (А) Одиночное сокращение, (Б) суммация одиночных сокращений, (В) тетанические сокращения:
1 – момент первого раздражения; 2 – момент второго раздражения*

В организме животных никогда не бывает одиночных сокращений мышц. Все сокращения мышц в организме – тетанические, так как нервная система посылает к мышцам не одиночные раздражения, а целый ряд импульсов. Центральная нервная система также постоянно посыпает к мышцам скелета слабые импульсы, в результате чего скелетная мускулатура находится в состоянии небольшого напряжения. Это состояние небольшого напряжения мышц под влиянием редких раздражений называется **тонусом** (особенно хорошо он выра-

жен в сфинктерах полых органов и стенках кровеносных сосудов).

- Существует 2 вида сокращения мышц (*рис. 18*):

- 1) ***изотоническое сокращение*** – сокращение мышцы под воздействием раздражителя, при котором ее длина уменьшается без изменения напряжения (тонуса) мышцы (например, когда мышца сокращается, не поднимая никакого груза);
- 2) ***изометрическое сокращение*** – сокращение мышцы, при котором ее длина остается постоянной, но происходит напряжение мышечных волокон.

Как чисто изотоническое, так и чисто изометрическое сокращение – явления искусственные. В организме всегда наблюдается совокупность двух видов сокращений мышц.

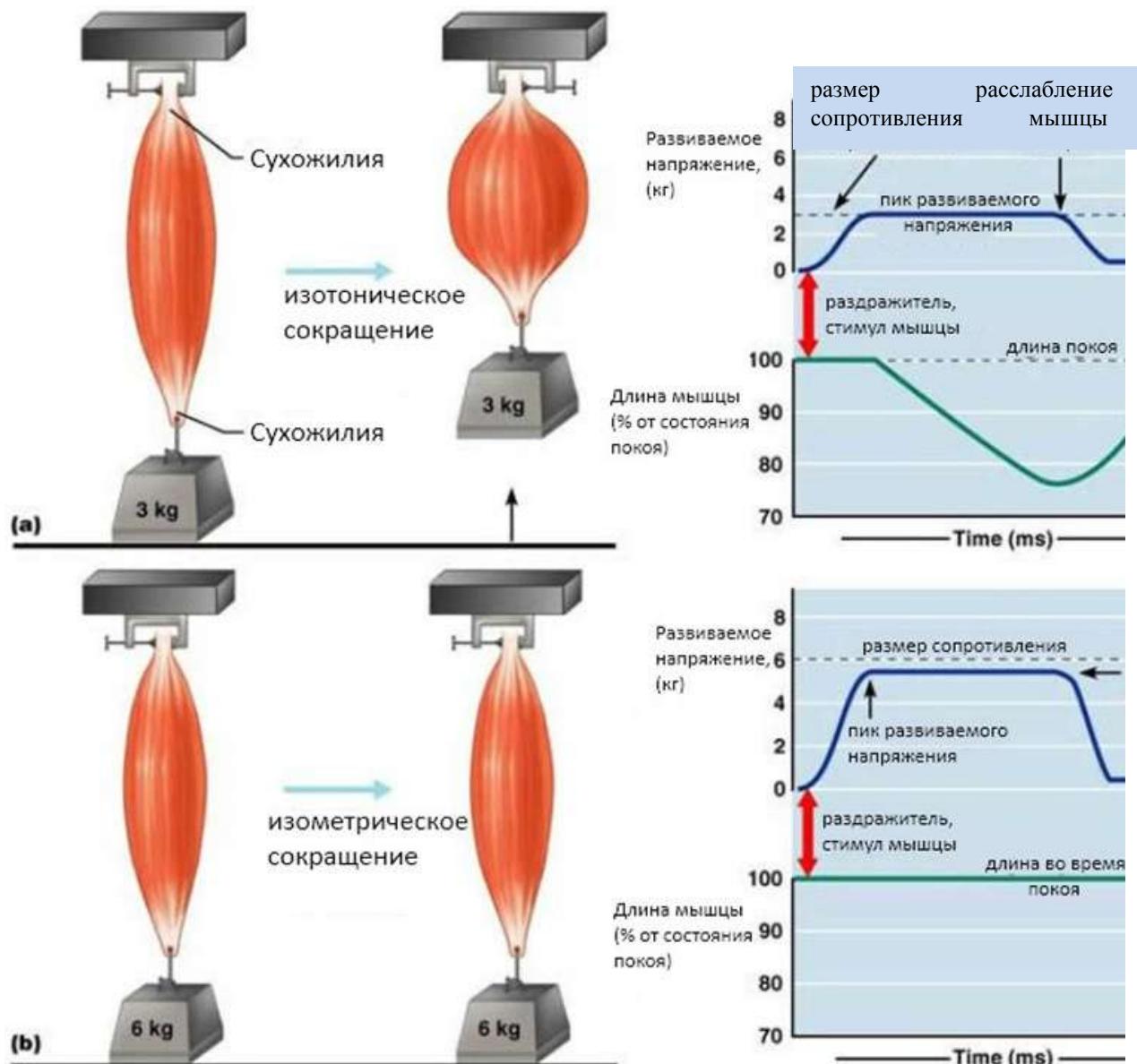


Рисунок 18 – Сокращение: (a) изотоническое и (b) изометрическое

1.11. Работа мышц и механизм утомления мышц

Сокращаясь, мышца совершает работу. Силу мышц определяют по величине того наибольшего груза, который мышца может поднять. При растяжении мышцы сила ее возрастает. Сила мышцы зависит от числа входящих в ее состав волокон. Чем больше в ней мышечных волокон, чем она толще, тем больше ее сила.

При сокращении мышца укорачивается, совершая работу.

- Различают следующие формы работы мышц:

- 1) ***динамическая работа*** – это работа мышцы, при которой происходит перемещение груза и движение костей в суставах (обеспечивает движение);
- 2) ***статическая работа*** – это работа мышцы, при которой происходит удержание груза, а внешней работы не производится (обеспечивает удержание тела в определенном положении).

Утомление мышц – временный упадок работоспособности мышц в результате их деятельности.

Признаки утомления мышцы: понижение возбудимости, сократимости и лабильности.

Для объяснения механизма утомления мышц существовало несколько теорий.

Теория истощения. Согласно этой теории, причиной утомления мышц является исчезновение в мышце гликогена, который служит энергетическим веществом. Однако впоследствии установили, что в утомленных мышцах содержание гликогена довольно велико.

Теория отравления. Согласно этой теории, причиной утомления мышц является накопление большого количества молочной и фосфорной кислот, а также других продуктов обмена. Эта теория раскрывала механизм утомления односторонне.

Введенский установил, что утомляемость мышцы связана с утомляемостью синапсов в результате их низкой лабильности и снижения запаса медиаторов.

По ***современным данным***, причиной утомления мышц является преобладание процессов распада энергии над процессами ее восстановления. При длительной работе мышц повышается потребление ими кислорода. При очень напряженной работе мышцы испытывают кислородное голодание: в них накапливается большое количество недоокисленных продуктов (например, молочной кислоты), что ведет к нарушению окислительно-восстановительных процессов, а тем са-

мым и процесса возбуждения, следствием чего является утомление мышц. Однако единой теории о сущности процесса утомления до сих пор не существует.

Наступление утомления мышц можно задержать с помощью тренировки, в результате которой в мышце повышается содержание гликогена, АТФ, ускоряется обмен веществ, уменьшается расход энергии.

1.12. Физиология нервов: строение и свойства

Основной структурной единицей нервной системы является **нейрон** – нервная клетка с отростками (рис. 19). Различают 2 вида отростков:

- 1) **аксон** – отросток, проводящий возбуждение от тела нервной клетки;
- 2) **дendриты** – отростки, проводящие возбуждение по направлению к клетке. Обычно их бывает несколько и они ветвятся.

Отростки нервных клеток образуют нервные волокна, которые служат проводниками нервных импульсов.

Каждое нервное волокно содержит осевой цилиндр, вокруг которого располагаются шванновские клетки, образуя миелиновую оболочку. Оболочка не сплошная, и в местах перехода от одной шванновской клетки к другой образуются перехваты Ранвье. Внутри осевого цилиндра содержится **аксолазма**, пронизанная **нейрофибрillами** и **микротрубочками** (они образованы белком миозином). В аксолазме находится большое количество митохондрий, микросом и нитей актина. Нервные волокна идут пучками, и несколько пучков образуют нерв.

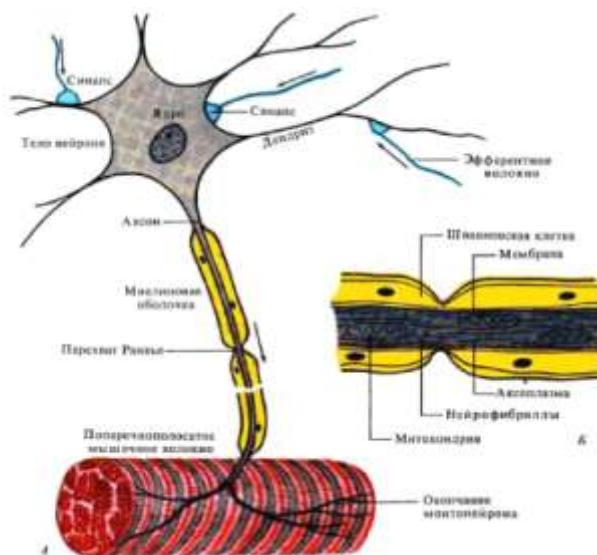


Рисунок 19 – Нейрон и его компоненты:

A – первая клетка, аксон, мышца; Б – строение нервного волокна

- Различают 2 вида нервных волокон (*рис. 20*):

1) **мякотные** – нервы, отходящие от спинного мозга и имеющие миelinовую оболочку;

2) **безмякотные** – нервы, отходящие от узлов вегетативного отдела нервной системы и не имеющие миelinовой оболочки.

- Типы нервных волокон:

1) **афферентные (центростремительные)** – проводят возбуждение от периферии к нервным центрам;

2) **эфферентные (центробежные)** – проводят возбуждение от нервных центров на периферию.

Большинство нервов смешанные, так как в их состав входят афферентные и эфферентные волокна.

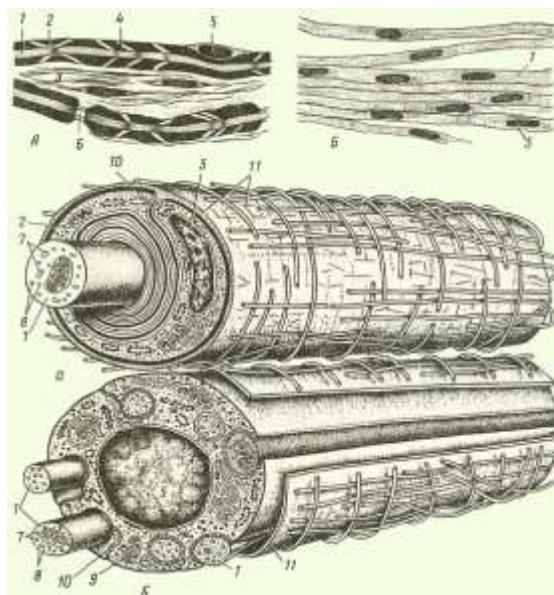


Рисунок 20 – Схема строения нервных волокон на светооптическом (А, Б) и ультрамикроскопическом (а, б) уровнях:

А, а – миелиновое волокно; Б, б – безмиелиновое волокно

1 – осевые цилиндры; 2 – миелиновый слой; 3 – соединительная ткань;

4 – насечка миелина; 5 – ядро нейролеммоцита; 6 – узловой перехват;

7 – микротрубочки; 8 – нейрофиламенты; 9 – митохондрии; 10 – мезаксон; 11 – базальная мембрана

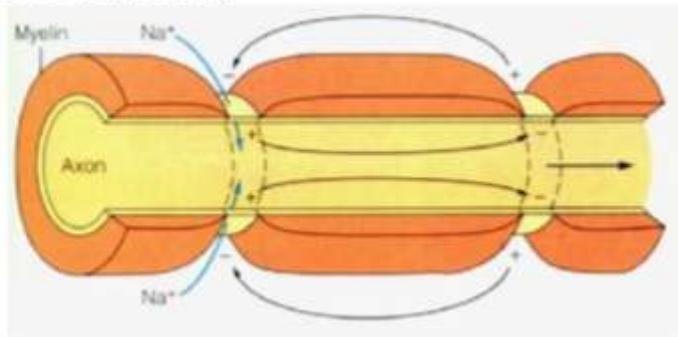
Свойства нервных волокон

1) **возбудимость** – способность нервного волокна отвечать на раздражение возбуждением. У мякотных волокон она выше, чем у безмякотных;

- 2) **лабильность (функциональная подвижность)** – способность нервного волокна отвечать на определенный ритм раздражения. У мякотных волокон лабильность выше (могут воспринимать до 500 импульсов в 1 с), чем у безмякотных;
- 3) **изолированное проведение возбуждения** – возбуждение по каждому волокну распространяется изолированно, не переходя на соседние, что обеспечивается наличием миелиновой оболочки (*рис. 21*);
- 4) **двустороннее проведение возбуждения** – способность нервного волокна проводить возбуждение в обе стороны от раздражаемого участка.



В миелинизированных нервных волокнах импульс перескакивает от одного узелка Ранвье к следующему



- В немиелинизированных нервных волокнах импульс проходит вдоль всей длины волокна.

Рисунок 21 – Распространение нервного импульса вдоль миелинизированных и немиелинизированных волокон

Возбуждение по нервному волокну проводится при помощи круговых токов, вызываемых потенциалом действия. В безмякотных нервных волокнах возбуждение распространяется непрерывно от одного возбужденного участка к другому. В мякотных нервных волокнах возбуждение распространяется скачкообразно от одного перехвата Ранвье к другому, так как в миелинизированном нервном волокне участки мембранны, покрытые миелиновой оболочкой, являются невозбудимыми и возбуждение может возникать только в участках мембранны, расположенных в области перехватов Ранвье (*рис. 22, 23*). Скорость проведения возбуждения в мякотных волокнах больше, в безмякотных – меньше.

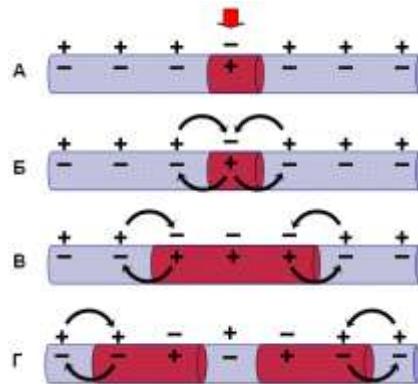


Рисунок 22 – Механизм распространения возбуждения по безмиelinовому нервному волокну: А – изменение заряда возбужденного участка мембранны во время развития потенциала действия; Б – протекание электрического тока на границе возбужденного и невозбужденного участка; В – раздражение электрическим током ближайшего участка мембранны и приведение его в состояние возбуждения; Г – возвращение в состояние покоя ранее возбужденных участков мембранны

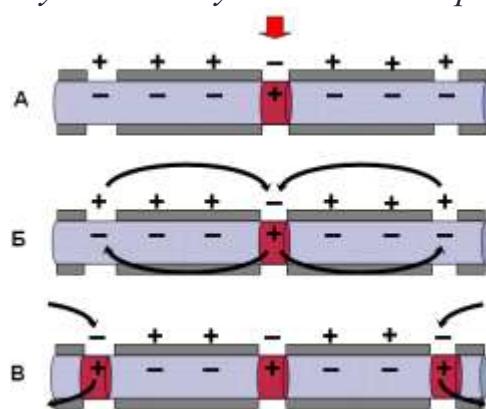


Рисунок 23 – Механизм распространения возбуждения по миелиновому нервному волокну: А – изменение заряда мембранны в одном из перехватов Ранвье при развитии потенциала действия; Б – возникновение между электроотрицательными и электроположительными участками мембранны электрического тока, который раздражает соседние участки мембранны; В – скачкообразный переход в состояние возбуждения участка мембранны в области следующего перехвата Ранвье

Особенностью нерва является его *неутомляемость*, обусловленная низким обменом веществ и высокой лабильностью. Однако при длительной работе происходит изменение физиологических свойств нерва и замедление проведения возбуждения.

Лабораторное занятие 1. Физиология мышц и нервов

Цель занятия: ознакомиться с приготовлением нервно-мышечного препарата. Изучить явление парабиоза, типы мышечных сокращений, научиться определять силу и работу мышцы при разных нагрузках.

1.1. Приготовление нервно-мышечного препарата

Цель работы: овладеть техникой приготовления нервно-мышечного препарата.

Материалы и оборудование: лягушка, набор препаровальных инструментов (большие анатомические ножницы, малые глазные ножницы, препаровальный крючок, большой и маленький анатомические пинцеты, длинная тупая игла), пробковая дощечка для фиксации лягушки, гальваническая вилка, марля, вата, глазная пипетка, раствор Рингера для холоднокровных, чашка Петри.

Ход работы: физиологические опыты по изучению свойств возбудимых тканей (нервной и мышечной) проводят на нервно-мышечном препарате.

Нервно-мышечный препарат представляет собой выделенные из организма лягушки и соединенные между собой нерв и мышцу. Чаще для этой цели используют седалищный нерв и икроножную мышцу, реже – полусухожильную и полуперепончатую. Для сохранения физиологических свойств тканей препарата его постоянно увлажняют раствором Рингера.

Лягушку под общей анестезией эфиром фиксируют марлевой салфеткой. Затем один конец ножниц вводят в ротовую полость, другой устанавливают на 0,5 см от глаз и рассечением позади глаз удаляют верхнюю челюсть (при этом удаляют головной мозг), затем разрушают спинной мозг путем введения металлического стержня (зонда) в позвоночный канал (*рис. 24, 1*).

Лягушку берут в левую руку за задние лапки, завернутые в марлевую салфетку, приподнимают. При этом туловище сгибается под прямым углом и видны маклочки тазовых костей. Ножницами делают поперечный разрез позвоночного столба на 0,5–1 см выше тазово-грудного сочленения (впереди маклочек). После этого подрезают кожу и удаляют переднюю часть туловища вместе с грудными и брюшными внутренними органами (2). Удерживая в левой руке оставшую-

ся часть позвоночного столба, правой рукой с помощью марлевой салфетки захватывают кожу по краю разреза и быстрым движением снимают ее с задних лапок (3), которые кладут на тарелку, смоченную раствором Рингера, спинной поверхностью книзу, и удаляют остатки внутренних органов.

Задние лапки покрывают марлей, осторожно берут рукой так, чтобы на поверхности выступала копчиковая кость, и удаляют ее (4). Затем через образовавшееся окно делают продольный разрез остатка позвоночного столба и по лобковому сочленению тазовых костей разъединяют лапки, не затрагивая нервов (5).

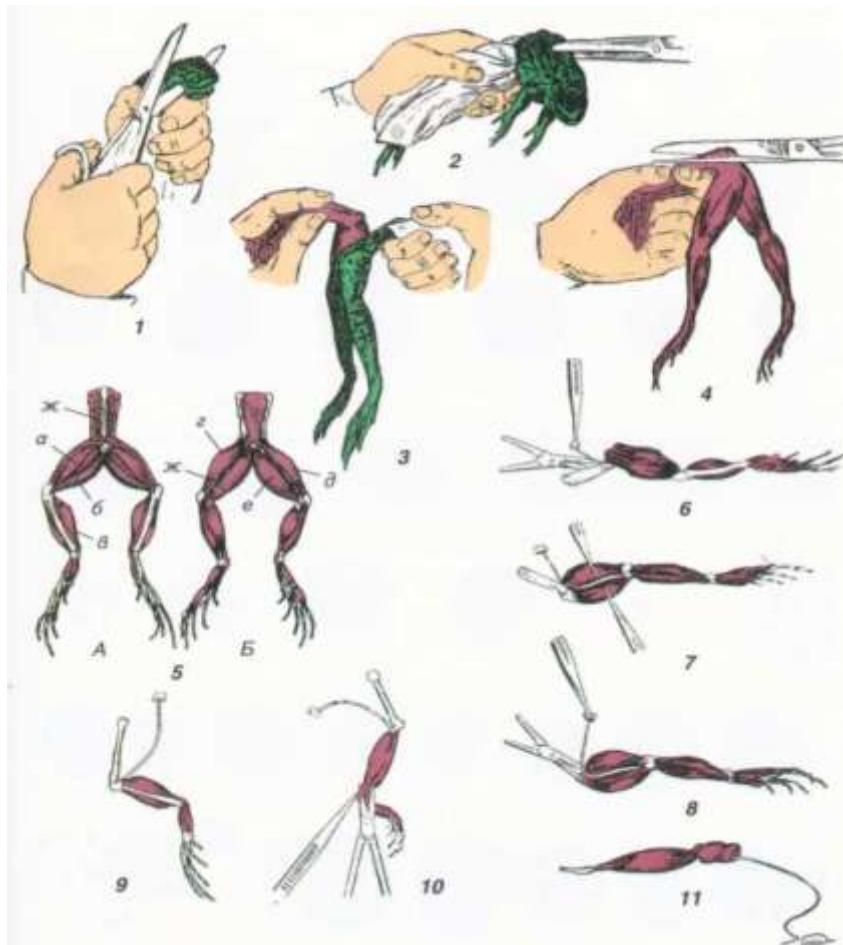


Рисунок 24 – Последовательные стадии приготовления нервно-мышечного препарата: 1 – отсечение верхней челюсти с головным мозгом под общей анестезией эфиром; 2 – перерезка позвоночника; 3 – снятие кожи с обеих задних лапок; 4 – удаление копчика; 5 – задние лапки лягушки: А – передняя сторона, Б – задняя сторона; а – портняжная мышца, б – нежная, в – икроножная, г – трехглавая мышца бедра, д – двуглавая мышца бедра, е – полуперепончатая, ж – седалищный нерв; 6 – отпрепаровка седалищного нерва от бедренного сочленения; 7 – перевертывание лапки, раздвижение двуглавой и полуперепончатой мышц, освобождение нерва; 8 – приподнятие нерва с кусочком позвоночника и его отпрепарирование до коленного сустава;

9 – откидывание нерва на голень, освобождение бедренной кости от тканей и вылущивание ее головки из тазобедренного сустава. Препаратор готов, называется реоскопическая лапка; 10 – захватывание пинцетом ахиллова сухожилия и подрезывание ножницами его дистального конца; 11 – отделение икроножной мышцы от окружающих тканей, удаление голени ниже коленного сустава. Препаратор готов, называется нервно-мышечный препарат

Из лапок готовят нервно-мышечные препараты. Одну из лапок покрывают ватой, смоченной раствором Рингера. Вторую лапку подвергают дальнейшей обработке: придерживая лапку за кусочки оставшихся позвонков, подводят ножницы под седалищный нерв, удаляют тазовую кость и отпрепаровывают нерв до тазобедренного сочленения (6). Препарат переворачивают на брюшную сторону, осторожно поднимают седалищный нерв за кусочки позвоночника, чтобы был виден ход седалищного нерва до коленного сустава, между двуглавой и полуперепончатой мышцами. Фасцию между этими мышцами разрывают иглой, а мышцы раздвигают пинцетом, после чего седалищный нерв остается свободным (параллельно с ним идет бедренная артерия) (7).

Нерв приподнимают крючком, а мышечные ткани и отходящие нервные веточки подрезают ножницами (8). Отпрепарованный нерв перебрасывают на голень. Мягкие ткани бедра удаляют; вылущивают ножницами головку бедренной кости в тазобедренном сочленении (9). Приготовленный препарат называется *реоскопической лапкой*. Он состоит из нерва, бедренной кости и нижней части конечности (голень, лапка).

Для приготовления нервно-мышечного препарата из реоскопической лапки проводят следующие манипуляции (10, 11): ахиллово сухожилие захватывают пинцетом и подрезают ножницами на пятончном бугре; икроножную мышцу отпрепаровывают от тканей голени; затем удаляют голень и стопу, перерезая ножницами голennую кость ниже коленного сустава, и препарат готов. Для проведения опытов нервно-мышечный препарат надо поместить во влажную камеру, чтобы он не подсыхал.

1.2. Парабиоз и его фазы

Н.Е. Введенский в опытах на нервно-мышечном препарате показал, что переход возбуждения в торможение зависит от лабильности

(подвижности). Чтобы изменять лабильность нерва, он на средний его участок действовал эфиром, хлороформом, хлоридом калия, холодом и т. д. Под влиянием этого лабильность данного участка постепенно снижается, и при раздражении нерва выше измененного (альтерированного) будет меняться величина сокращения мышцы. В начале снижения лабильности наблюдается одинаковое сокращение мышцы на слабое (пороговое) и сильное (сверхпороговое) раздражения; эту стадию Н.Е. Введенский назвал *уравнительной*. Затем при дальнейшем снижении лабильности на слабое раздражение мышца сокращается сильно, а на сильное она или совсем не сокращается, или сокращается слабо. Из-за такой ненормальной реакции нерва эта стадия была названа *парадоксальной*.

Следующий этап – это *стадия торможения*, когда мышца не сокращается при действии как слабого, так и сильного раздражений в результате значительного снижения возбудимости и лабильности измененного участка нерва. При дальнейшем углублении торможения возникает необратимый процесс и наступает смерть. Именно поэтому данное явление было названо *парабиозом* (*пара* – около, *биос* – жизнь), то есть на грани жизни. Последовательное развитие фаз парабиоза получило название *парабиотического процесса*.

Цель работы: наблюдать стадии парабиоза при действии на нерв нервно-мышечного препарата альтерирующим веществом.

Материалы и оборудование: лягушка, набор препаратальных инструментов, гальваническая вилка, пробковая дощечка, чашка Петри, марля, вата, раствор Рингера, 0,8 %-й раствор КСІ или 1 %-й раствор новокаина, электростимулятор или индукционный аппарат, кимограф, миограф, чернильно-пишущее устройство (писчик), универсальный штатив.

Ход работы: готовят нервно-мышечный препарат – икроножную мышцу с седалищным нервом. Мышцу подвешивают на крючки миографа, нерв помещают на электроды, соединенные с электростимулятором.

Нерв раздражают с частотой в 1 Гц и находят порог его возбудимости. Писчик подводят к барабану кимографа, постепенно увеличивая частоту раздражения; на медленно врачающемся барабане кимографа записывают сокращения мышцы и находят, при какой частоте раздражений происходит тетаническое сокращение мышцы – гладкий тетанус. Раздражения наносят в течение 5 с, интервал между раздражениями около 1 мин. Силу раздражителя удваивают и записывают величину сокращения мышцы.

Для создания альтерированного (измененного) участка на нерв между электродами и мышцей накладывают кусочек ваты, смоченный альтерирующим веществом (0,8 %-м раствором КСІ или 1 %-м раствором новокаина). Каждые 1–2 мин, начиная с момента нанесения на нерв растворов КСІ или новокаина и на протяжении всего опыта, нерв раздражают током пороговой и сверхпороговой силы. Сокращения мышцы записывают на медленно вращающемся барабане кимографа. Задачей опыта является установить возникновение уравнительной, парадоксальной и тормозной фаз парабиоза.

После наступления фазы торможения кусочек ватки удаляют с нерва; его несколько раз ополаскивают раствором Рингера. Нерв раздражают током пороговой и сверхпороговой силы. Определяют, восстанавливается ли исходная величина сокращения мышцы в зависимости от силы раздражителя.

При использовании в качестве раздражителя индукционного тока опыт проводят в той же последовательности, что и при использовании электростимулятора. Нерв раздражают индукционным током пороговой силы и удвоенной пороговой силы.

1.3. Одиночное и тетаническое сокращения мышцы

Специфической деятельностью мышечной ткани является ее сокращение при возбуждении. Различают одиночное и тетаническое сокращение мышцы.

1. *Одиночное сокращение мышцы* – отмечается при нанесении одиночных раздражений на изолированную от организма мышцу (например, электрическим током). В нем различают 3 фазы:

- 1) латентная (скрытая) фаза возбуждения – время от начала раздражения до начала сокращения. В эту фазу в мышцах происходят процессы, при которых освобождается энергия для мышечного сокращения;
- 2) фаза сокращения;
- 3) фаза расслабления.

Время одиночного сокращения неодинаково в разных мышцах. В красных волокнах мышц оно значительно больше, чем в белых. Сила мышечного сокращения зависит от силы раздражения и количества возбужденных мышечных волокон, которые обладают различной возбудимостью.

2. *Тетаническое сокращение мышцы (тетанус)* – длительное сокращение мышцы при ее ритмическом раздражении. Отмечается при поступлении к мышцам нескольких возбуждающих импульсов, в результате чего ее одиночные сокращения суммируются и происходит сильное и длительное сокращение мышцы. В зависимости от частоты возбуждений различают две формы тетануса:

- 1) *зубчатый тетанус* – возникает при редких ритмах раздражения, когда каждый очередной импульс застает мышцу в фазе расслабления;
- 2) *гладкий тетанус* – длительное непрерывное сокращение мышцы, возникает при частых ритмах раздражения, когда каждый очередной импульс застает мышцу в фазе сокращения.

Высота сокращения мышцы при тетанусе больше, чем при одиночном сокращении, и зависит от ритма раздражения, возбудимости и лабильности мышцы.

Цель работы: исследовать значение частоты раздражений для сокращения мышцы.

Материалы и оборудование: лягушка, набор препаровальных инструментов, пробковая дощечка, чашка Петри, марля, вата, раствор Рингера, электростимулятор или индукционный аппарат, миограф с писчиком, универсальный штатив, кимограф.

Ход работы: для записи одиночных и тетанических сокращений мышцы готовят нервно-мышечный препарат – икроножную мышцу с седалищным нервом. Мышцу подвешивают на крючки миографа; на верхний крючок укрепляют суставную сумку коленного сустава, на нижний крючок – ахиллово сухожилие. Седалищный нерв помещают на электроды, к которым подключают провода электростимулятора, и находят порог возбудимости нерва (рис. 25).

Запись одиночного сокращения мышцы. Барабан кимографа переводят в режим быстрого вращения. Писчик миографа подводят к барабану кимографа, на котором закреплена бумага. Седалищный нерв в течение 5 с раздражают редкими, одиночными импульсами и на вращающемся барабане кимографа записывают сокращения мышцы – миограммы.

Запись тетанических сокращений мышцы. Барабан кимографа переводят на медленное вращение. Раздражают седалищный нерв в течение 5 с. На вращающемся барабане кимографа записывают сокращения мышцы. Затем опыт повторяют, последовательно увеличивая частоту раздражающих стимулов (до 50 Гц и более). Продолжи-

тельность каждого электрического раздражения должна быть приблизительно одинакова – около 5 с, а интервалы между раздражениями – около 1 мин (в промежутках между раздражениями барабан кимографа останавливают). Под каждой миограммой отмечают частоту раздражений.

Миограммы зарисовывают в тетрадь и устанавливают, при каких частотах раздражений мышца сокращается по типу зубчатого и гладкого тетануса.

При использовании индукционного аппарата в качестве источника раздражающих стимулов опыт проводят в той же последовательности, что и при использовании электростимулятора.

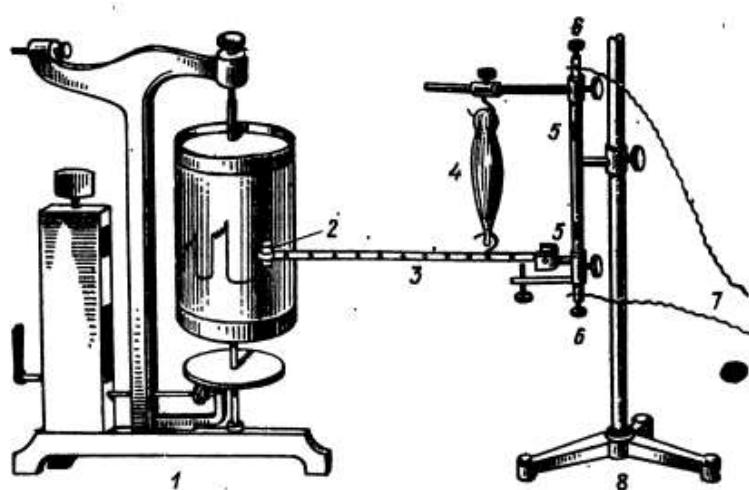


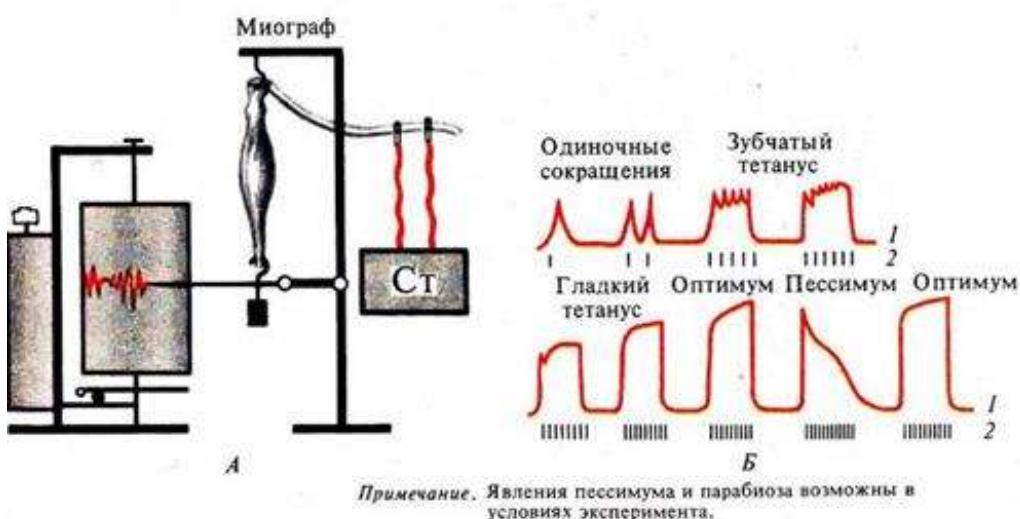
Рисунок 25 – Схема установки для записи сокращений икроножной мышцы лягушки: 1 – кимограф; 2 – записывающее устройство (писчик); 3 – подвижной рычаг миографа; 4 – икроножная мышца; 5 – изолирующие прокладки-изоляторы; 6 – клеммы для подключения проводов; 7 – провода от электростимулятора или индукционного аппарата; 8 – штатив

Мышца лягушки производит одиночное сокращение за 0,11 с, т. е. 9 сокращений за секунду. Мышца теплокровных животных сокращается немного быстрее – 10 сокращений за 1 секунду.

В организме животных одиночные сокращения не происходят, их можно получить в условиях лаборатории путем воздействия одиночных электрических импульсов. При редких частотах раздражения возникают зубчатые тетанические сокращения и наверху записывается зубчатая ломаная линия. Гладкие тетанические сокращения возникают при больших частотах импульсов и наверху записывается гладкая прямая линия, так как мышца совершенно не расслабляется (рис. 26, 27).



Рисунок 26 – Формирование тетануса в зависимости от частоты раздражения



*Рисунок 27 – Регистрация мышечных сокращений:
А – схема регистрации (Ст – стимулятор); Б – кривые мышечных сокращений
(1) при различной частоте раздражений (2)*

1.4. Определение силы и работы мышцы при разных нагрузках

При сокращении мышца укорачивается, совершая работу. Работа мышцы измеряется произведением поднятого груза на величину укорочения мышцы. Работа мышцы, при которой происходит перемещение груза и движение костей в суставах, называется **внешней**, или **динамической**. Мышца производит работу и в том случае, если она сокращается изометрически, развивая напряжение без укорочения мышечных волокон, например, при удержании груза; такая работа называется **статической**.

Динамическая работа мышцы (W) измеряется произведением массы груза (P) на высоту его подъема (h) и выражается в килограммометрах: $W = Ph$. Она равна нулю, если мышца сокращается без нагрузки. По мере возрастания груза работа сначала увеличивается, а затем постепенно уменьшается. Зависимость работы от величины груза выражается законом средних нагрузок: работа будет наибольшей при средних нагрузках.

Сила мышцы определяется предельной массой груза, который она в состоянии поднять.

Цель работы: определить величину работы мышцы при различных нагрузках.

Материалы и оборудование: лягушка, набор препаровальных инструментов, пробковая дощечка, марля, вата, чашка Петри, раствор Рингера, глазная пипетка, миограф с писчиком, универсальный штатив, набор грузиков 10, 20, 50, 100 и 200 г, линейка, кимограф.

Ход работы: готовят препарат икроножной мышцы. Мышцу подвешивают на крючки миографа. Мышцу раздражают с частотой, вызывающей тетаническое сокращение (гладкий тетанус), находят порог возбудимости и немного его увеличивают.

На неподвижном барабане кимографа записывают тетаническое сокращение мышцы без нагрузки, раздражая ее в течение 2–3 с. Рукой вращают барабан кимографа на 1–2 см, подвешивают на рычажок миографа непосредственно под мышцей гирьку в 10 г, чтобы истинная нагрузка на мышцу соответствовала величине груза, и вновь раздражают нерв. Опять вращают рукой барабан кимографа на 1–2 см. К рычажку миографа подвешивают гирьку в 20 г, раздражают нерв и записывают высоту сокращения мышцы. Опыт повторяют, последовательно увеличивая вес гирек. Находят предельный груз, который мышца в состоянии поднять. Эта максимальная величина груза и будет силой мышцы.

Для вычисления работы мышцы при разных нагрузках измеряют высоту сокращения мышцы. Поскольку рычажок миографа записывает сокращение мышцы в увеличенном виде, для вычисления ее работы находят истинную высоту сокращения мышцы. Для этого измеряют длину рычажка миографа (L) от оси вращения до конца писчика и длину (l) от оси вращения до места прикрепления мышцы. Истинную высоту сокращения мышцы находят по формуле: $h = (Hl) : L$, где h – высота истинного сокращения мышцы; H – высота сокращения мышцы, записанная на кимографе.

Определив высоту истинного сокращения мышцы для каждого груза, работу мышцы вычисляют по формуле: $W = Ph$, где W – работа мышцы; P – масса груза в г; h – высота истинного сокращения мышцы.

Результаты записывают в таблицу со следующими графиками: 1) высота мышечных сокращений в мм; 2) истинная высота сокращений мышцы в мм; 3) масса груза в г; 4) работа мышцы в г/мм. Определяют, при каких нагрузках мышца выполняет максимальную работу.

Контрольные вопросы по теме «Физиология возбудимых тканей, мышц и нервов»

1. Что называется раздражимостью и возбудимостью?
2. Что такое физиологический покой и возбуждение?
3. Что является структурной единицей нервной системы?
4. Как измеряется возбудимость нервов и мышц?
5. Что называется потенциалом покоя?
6. Что называется потенциалом действия, механизм его возникновения.
7. Как изменяется возбудимость в процессе возбуждения, каков механизм фазовых изменений возбудимости?
8. В чем заключается механизм передачи возбуждения?
9. В чем сущность изолированного проведения возбуждения?
10. Как происходит двустороннее проведение возбуждения?
11. Что такое лабильность возбудимых тканей, как ее измеряют?
12. Что такое парабиоз, какие различают фазы парабиоза и чем они характеризуются?
13. Виды сокращения скелетной мышцы, их характеристика.
14. Какие виды тетануса различают и от чего зависит вид тетануса?
15. В каких случаях возникает одиночное и тетаническое сокращение мышцы?
16. Почему тетаническое сокращение выше одиночного?
17. Что понимают под тонусом скелетных мышц?
18. Что понимают под изотоническим и изометрическим сокращением мышцы?
19. Что понимают под синапсом и какова его роль?
20. В чем сущность теории мышечного сокращения?
21. Что такое сила мышцы, как ее измеряют?
22. Что называется работой мышцы, при какой нагрузке работа мышцы наиболее эффективна?

23. Какую работу мышцы называют динамической и какую статической?
24. Что называется утомлением, почему оно возникает?
25. Как приготовить нервно-мышечный препарат лягушки?

Тест «Физиология нервно-мышечной системы»

1. Деятельное состояние живой ткани, в которое она приходит под влиянием раздражения:

- а) физиологический покой;
- б) торможение;
- в) раздражение;
- г) возбуждение;
- д) лабильность.

2. Состояние, когда ткань или орган не проявляют признаков присущей им деятельности:

- а) торможение;
- б) утомление;
- в) физиологический покой;
- г) лабильность;
- д) раздражение.

3. Нервный процесс, приводящий к угнетению или предупреждению возбуждения:

- а) физиологический покой;
- б) торможение;
- в) парабиоз;
- г) лабильность;
- д) утомление.

4. Особый вид функционального состояния ткани, временно возникающий под влиянием продолжительной работы и приводящий к снижению ее эффективности:

- а) физиологический покой;
- б) торможение;
- в) парабиоз;
- г) лабильность;
- д) утомление.

5. Процесс воздействия на живую ткань раздражителя:

- а) возбуждение;
- б) возбудимость;
- в) лабильность;
- г) раздражение;
- д) торможение.

6. Раздражитель, соответствующий данной ткани или организму:

- а) пороговый;
- б) сверхпороговый;
- в) адекватный;
- г) неадекватный;
- д) подпороговый.

7. Раздражители, действию которых ткань в естественных условиях обычно не подвергается:

- а) пороговые;
- б) адекватные;
- в) подпороговые;
- г) неадекватные;
- д) сверхпороговые.

8. Раздражители минимальной силы, которые могут вызвать возбуждение:

- а) надпороговые;
- б) пороговые;
- в) неадекватные;
- г) сверхпороговые;
- д) подпороговые.

9. Раздражители, сила которых меньше пороговой:

- а) адекватные;
- б) пороговые;
- в) неадекватные;
- г) сверхпороговые;
- д) подпороговые.

10. Раздражители более сильные, чем пороговые:

- а) адекватные;

- б) неадекватные;
- в) сверхпороговые;
- г) пороговые;
- д) подпороговые.

11. Разность потенциалов между цитоплазмой и внеклеточной средой, которую имеет каждая живая клетка, находящаяся в состоянии относительного физиологического покоя:

- а) пиковый потенциал;
- б) потенциал покоя;
- в) спайковый потенциал;
- г) потенциал действия;
- д) быстрый потенциал.

12. Быстрые изменения уровня потенциала возбудимых клеток, возникающие при достаточно высокой степени их предшествующей деполяризации:

- а) мембранный потенциал;
- б) потенциал действия;
- в) потенциал покоя;
- г) потенциал переноса;
- д) ток покоя.

13. Способность живой ткани отвечать на действие раздражителя изменением физиологических свойств и возникновением процесса возбуждения:

- а) раздражимость;
- б) проводимость;
- в) возбудимость;
- г) лабильность;
- д) рефрактерность.

14. Временное снижение возбудимости ткани, возникающее после возбуждения:

- а) торможение;
- б) рефрактерность;
- в) возбуждение;
- г) лабильность;
- д) проводимость.

15. Свойство живой ткани, определяющее ее функциональное состояние, показателем которого является максимальное число потенциалов действия, которое ткань способна генерировать в 1 с, в соответствии с ритмом раздражения:

- а) лабильность;
- б) проводимость;
- в) рефрактерность;
- г) раздражимость;
- д) возбудимость.

16. Понижение возбудимости ткани, наступившее в результате ее частых раздражений, превышающих оптимальный ритм, было названо Н.Е. Введенским:

- а) утомление;
- б) торможение;
- в) парабиоз;
- г) пессимум;
- д) оптимум.

17. Свойство скелетных мышц, длительно находящихся на том или ином уровне напряжения под влиянием редких раздражений:

- а) тонус;
- б) растяжимость;
- в) эластичность;
- г) пластичность;
- д) тетанус.

18. Длительное сокращение мышцы при ее ритмическом раздражении:

- а) изотоническое;
- б) одиночное;
- в) тетаническое;
- г) изометрическое;
- д) ауксотоническое.

19. При раздражении мышца сокращается, не поднимая никакого груза, такое сокращение:

- а) тетаническое;

- б) изометрическое;
- в) ауксотоническое;
- г) изотоническое;
- д) одиночное.

20. Сокращение мышцы, при котором ее длина остается постоянной:

- а) тетаническое;
- б) ауксотоническое;
- в) изотоническое;
- г) одиночное;
- д) изометрическое.

21. Возбуждение распространяется по первому волокну относительно возбужденного участка:

- а) изолированно;
- б) сальтотарно;
- в) скачкообразно;
- г) двусторонне;
- д) односторонне.

22. Свойство синапса, связанное с замедлением распространения возбуждения в нем в связи с длительностью процессов выделения медиатора:

- а) низкий фактор безопасности;
- б) низкая лабильность;
- в) повышенная утомляемость;
- г) односторонность проведения;
- д) синаптическая задержка.

23. Раздражители, способные при минимальной энергии вызвать возбуждение в клетках, специально приспособленных для данного раздражителя:

- а) адекватные;
- б) неадекватные;
- в) общие;
- г) неспецифические;
- д) сверхпороговые.

24. Минимальная сила раздражителя, которая способна вызвать процесс возбуждения:

- а) потенциал действия;
- б) сила раздражения;
- в) лабильность;
- г) порог возбудимости;
- д) порог действия.

25. Реакция возбудимой клетки на действие раздражителя:

- а) чувствительность;
- б) подвижность;
- в) проводимость;
- г) сенсорность;
- д) возбуждение.

26. Специфический признак возбуждения для мышечной ткани:

- а) сокращение;
- б) секреция;
- в) выделение энергии;
- г) генерация импульса;
- д) синтез медиаторов.

27. Специфический признак возбуждения для нервной ткани:

- а) выделение секрета;
- б) синтез и разрушение медиаторов;
- в) сокращение;
- г) выделение энергии;
- д) передача импульсов.

28. Главный катион внеклеточной жидкости:

- а) калий;
- б) кальций;
- в) железо;
- г) натрий;
- д) хлор.

29. Основной катион внутри клетки:

- а) натрий;
- б) хлор;

- в) кальций;
- г) фосфор;
- д) калий.

30. Активный перенос ионов в клетку и из нее осуществляется в результате деятельности:

- а) натрий-калиевого насоса;
- б) поворотно-противоточной системы;
- в) кальций-калиевого насоса;
- г) поперечно-противоточного механизма;
- д) хлорно-кальциевого насоса.

31. Изменение заряда мембранны клетки связано с поступлением внутрь ее ионов:

- а) калия;
- б) хлора;
- в) кальция;
- г) фосфора;
- д) натрия.

32. Восстанавливает исходный потенциал покоя выход из клетки ионов:

- а) калия;
- б) хлора;
- в) кальция;
- г) фосфора;
- д) натрия.

33. Особый тип прерывистых контактов между клетками:

- а) чувствительность;
- б) синапс;
- в) сустав;
- г) возбуждение;
- д) рефлекс.

34. Состояние устойчивого сокращения скелетной мышцы при ее ритмическом раздражении:

- а) утомление;
- б) тетанус;

- в) суммация;
- г) торможение;
- д) тонус.

35. Состояние естественного постоянного напряжения мышц при невысоких энергетических затратах:

- а) сплошной тетанус;
- б) зубчатый тетанус;
- в) тонус;
- г) гладкий тетанус;
- д) сокращение.

36. При нанесении одиночных раздражений на изолированную от организма мышцу можно получить:

- а) одиночное сокращение;
- б) латентное сокращение;
- в) тетаническое сокращение;
- г) множество сокращений.

37. Если к мышце поступают несколько возбуждающих импульсов, следующих один за другим, то в этом случае можно получить:

- а) зубчатый тетанус;
- б) гладкий тетанус;
- в) неполное сокращение мышцы;
- г) несколько сокращений мышцы.

38. При утомлении понижаются функциональные свойства мышцы:

- а) только возбудимость;
- б) только лабильность;
- в) только сократимость;
- г) возбудимость, лабильность и сократимость.

39. Скелетные мышцы способны находиться на том или ином уровне напряжения (тонуса):

- а) под влиянием редких раздражений;
- б) влиянием одного раздражения;
- в) влиянием двух или трех раздражений;
- г) влиянием нескольких раздражений.

40. Существуют два вида сокращения мышц:

- а) изотоническое и изометрическое;
- б) зубчатое;

- в) частые сокращения;
- г) сокращения мышцы одно за другим.

41. Временное снижение или потеря работоспособности организма, наступающее после нагрузок:

- а) торможение;
- б) утомление;
- в) физиологический покой;
- г) парабиоз;
- д) пессимум.

42. Понятие «парабиоз» в физиологию нервной системы ввел:

- а) И.П. Павлов;
- б) И.М. Сеченов;
- в) П.К. Анохин;
- г) А.А. Ухтомский;
- д) Н.Е. Введенский.

43. Фаза парабиоза, при которой способность нерва к проведению ритмических импульсов одинаково снижена для раздражений любой силы:

- а) уравнительная;
- б) парадоксальная;
- в) торможения;
- г) возбуждающая;
- д) утомления.

44. Фаза парабиоза, при которой сильные раздражения не передаются, а слабые способны вызвать значительные сокращения мышцы:

- а) тормозящая;
- б) парадоксальная;
- в) утомления;
- г) уравнительная;
- д) пессимальная.

45. Фаза парабиоза, когда нерв утрачивает всякую способность к проведению импульсов:

- а) пессимальная;
- б) уравнительная;
- в) торможения;

- г) парадоксальная;
- д) утомления.

46. Обязательный признак возбуждения во всех возбудимых тканях:

- а) сокращение;
- б) изменение электрического заряда мембранны;
- в) проведение импульса;
- г) секреция веществ;
- д) выделение медиатора.

47. К физическим раздражителям относятся:

- а) кислоты;
- б) яды;
- в) щелочи;
- г) соли;
- д) рентгеновские лучи.

48. К химическим раздражителям относятся:

- а) температура;
- б) γ -лучи;
- в) свет;
- г) рентгеновские лучи;
- д) кислоты.

49. Раздражители, действующие на ткань в обычных условиях ее существования:

- а) физические;
- б) неадекватные;
- в) химические;
- г) адекватные;
- д) неспецифические.

50. Адекватным раздражителем для мышечной ткани является:

- а) удар;
- б) кислота;
- в) нервный импульс;
- г) электрический ток;
- д) укол.

Глава 2. СИСТЕМЫ КРОВИ И ОРГАНОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ

2.1. Общая характеристика системы крови. Функции крови

В систему крови входят: кровь, органы, в которых образуются и разрушаются клетки крови (костный мозг, селезенка, печень, лимфатические узлы), и регулирующий нейрогуморальный аппарат.

В организме часть крови циркулирует по кровеносным сосудам, а часть находится в депо: в печени (до 20 %), селезенке (до 16 %), коже (до 10 %).

Кровь состоит из жидкой части – **плазмы** (55–60 %) и клеток – **форменных элементов**: эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов (40–45 %) (рис. 28).



Рисунок 28 – Состав крови

- **Функции крови (рис. 29):**

- 1) **питательная функция** – кровь переносит питательные вещества от пищеварительного тракта к клеткам организма;
- 2) **выделительная функция** – с помощью крови происходит удаление из клеток организма конечных продуктов обмена веществ, которые приносятся с кровью к органам выделения;

- 3) **дыхательная функция** – кровь переносит кислород от легких к тканям и углекислый газ от тканей к легким;
- 4) **защитная функция** – лейкоциты крови обладают способностью поглощать и переваривать микробы и чужеродные вещества за счет наличия ферментов. Эта способность лейкоцитов называется *фагоцитоз*, которая обеспечивает *клеточный иммунитет*. В плазме крови в ответ на поступление в организм чужеродных веществ появляются *антитела*, обезвреживающие их. Антитела обеспечивают *гуморальный иммунитет*;
- 5) **терморегулирующая функция** – кровь способствует распределению тепла по организму и поддержанию определенной температуры тела в результате непрерывного движения и большой теплоемкости;
- 6) **регуляторная функция** – кровь обеспечивает связь между различными органами при помощи гормонов и биологически активных веществ, участвуя в гуморальной регуляции функций организма.

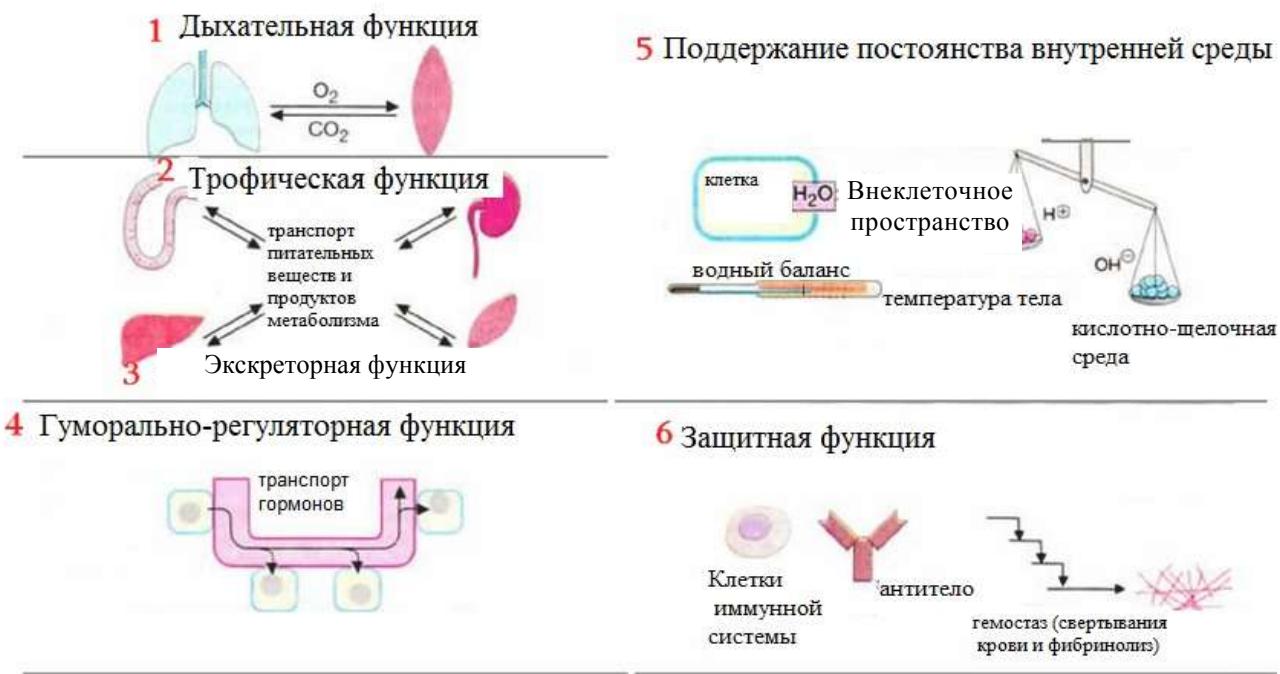


Рисунок 29 – Функции крови

2.2. Физико-химические свойства крови

- Кровь обладает следующими *физико-химическими свойствами*:
- 1) **вязкость** – обусловлена наличием в крови эритроцитов и белков. В норме вязкость крови в 3–6 раз больше вязкости воды;

- 2) **относительная плотность** – составляет 1,035–1,056 и зависит от количества эритроцитов;
- 3) **осмотическое давление** – это сила, вызывающая движение растворителя через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный раствор. Оно зависит от содержания в крови минеральных веществ;
- 4) **онкотическое давление** – это осмотическое давление белков плазмы крови. Онкотическое давление препятствует переходу воды из крови в ткани и способствует всасыванию ее из тканевых пространств;
- 5) **реакция крови и буферные системы** – кровь животных имеет слабощелочную реакцию. Ее pH составляет 7,35–7,55. Поддержание кислотно-щелочного равновесия достигается наличием в крови *буферных систем* и деятельностью выделительных органов.

- В крови имеются 4 буферные системы:

- 1) **гемоглобиновая буферная система** – это самая мощная система. На ее долю приходится 75 %. В восстановленном состоянии гемоглобин является слабой кислотой, а в окисленном состоянии его кислотные свойства усиливаются;
- 2) **карбонатная буферная система** – образована угольной кислотой и бикарбонатами натрия и калия. Она связана с выведением углекислого газа легкими, что восстанавливает нормальную реакцию крови;
- 3) **фосфатная буферная система** – образована однозамещенным и двузамещенным фосфорнокислым натрием. Первое соединение имеет свойства слабой кислоты, второе – свойства слабой щелочи. Роль этой системы незначительна из-за небольшой концентрации фосфатов в крови;
- 4) **буферная система белков плазмы крови** – белки вступают в реакцию с кислотами как основания, а с основаниями – как кислоты, в результате чего они поддерживают pH на постоянном уровне.

2.3. Состав плазмы крови

В плазме крови содержится 90–92 % воды и 8–10 % сухих веществ (рис. 30).

- В состав сухих веществ входят следующие компоненты:



Рисунок 30 – Состав плазмы крови

1) **белки** – составляют 6–8 % и делятся на две группы: **альбумины** и **глобулины**. У свиней, овец, коз, собак и кроликов в плазме преобладают альбумины, а у лошадей и крупного рогатого скота – глобулины. Различают несколько фракций глобулинов: α_1 -, α_2 -, β - и γ -глобулины. В глобулиновую фракцию входит **фибриноген**, участвующий в свертывании крови.

- *Функции белков плазмы крови:*
- поддерживает нормальный объем крови и постоянное количество воды в тканях;
- транспортируют питательные вещества;
- участвуют в свертывании крови (в основном фибриноген);
- поддерживают кислотно-щелочное равновесие;
- создают вязкость крови, имеющую важное значение в поддержании артериального давления;
- обеспечивают иммунитет, так как в γ -глобулиновую фракцию белков входят различные антитела, защищающие организм от вторжения бактерий и вирусов;
- служат источником образования белков различных органов;
- осуществляют передачу информации, влияющей на генетический аппарат клетки и обеспечивающей рост, развитие и поддержание структуры организма;

- 2) **безазотистые органические вещества** – к ним относятся глюкоза, молочная и пировиноградная кислоты и липиды (нейтральные жиры, холестерин и др.);
- 3) **небелковые азотистые вещества** – относятся аминокислоты, полипептиды, мочевина, мочевая кислота, креатин, креатинин, амиак;
- 4) **неорганические вещества** – относятся минеральные соли (преобладает хлористый натрий), которые составляют около 0,9 %;
- 5) **ферменты, гормоны, витамины, пигменты;**
- 6) **газы** (кислород, углекислый газ, азот).

2.4. Характеристика форменных элементов крови

- Форменные элементы крови делятся на 3 группы: **эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.**

Эритроциты – красные кровяные клетки, которые составляют главную массу клеток крови (*рис. 31*).



Рисунок 31 – Эритроциты

Эритроциты птиц крупные, овальной формы и содержат ядро. Эритроциты млекопитающих мельче, не содержат ядра и имеют форму двояковогнутых дисков.

Эритроцит состоит из тонкой сетчатой стромы, ячейки которой заполнены гемоглобином, и более плотной оболочки. Оболочка обладает избирательной проницаемостью. Через нее легко проходят газы, вода, анионы, ионы H^+ , глюкоза и мочевина, но она не пропускает белки и катионы.

Эритроциты легко сжимаются и могут проходить через капилляры, диаметр которых меньше их диаметра. Продолжительность жизни эритроцитов составляет в среднем 100–120 дней.

Эритроциты, находящиеся в кровяном русле, имеют одинаковые электрические заряды и отталкиваются друг от друга. В крови, находящейся вне организма, эритроциты теряют свои заряды и образуют так называемые монетные столбики. Они становятся тяжелыми и оседают.

- *Функции* эритроцитов:

- 1) перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
- 2) транспортировка питательных веществ (аминокислот) от органов пищеварения к клеткам организма;
- 3) поддержание pH крови на постоянном уровне за счет наличия гемоглобина;
- 4) участие в иммунитете за счет адсорбции на своей поверхности различных ядов;
- 5) участие в свертывании крови за счет наличия в них почти всех факторов, которые содержатся в тромбоцитах.

Внутри эритроцитов содержится **гемоглобин**. Это сложный белок, состоящий из белковой части – *глобина* и небелковой части – *гема* (рис. 32). В молекуле гемоглобина четыре гема. Гем содержит двухвалентное железо. У всех видов животных гем имеет одинаковое строение, а глобин отличается по аминокислотному составу.

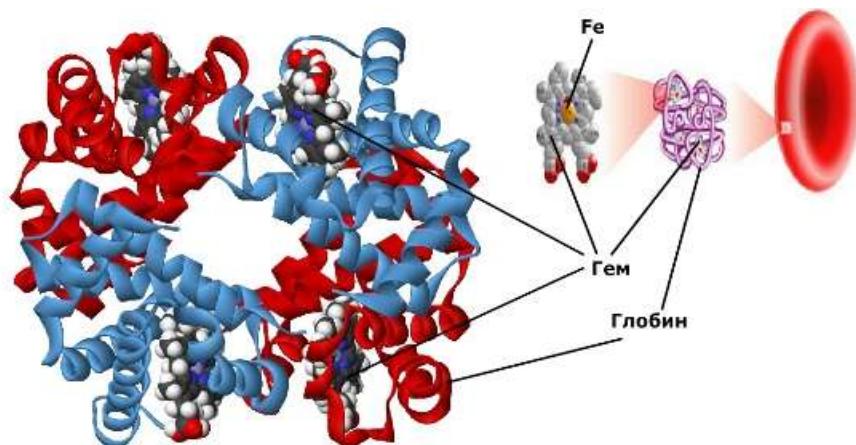


Рисунок 32 – Строение гемоглобина

- Различают следующие соединения гемоглобина:

- 1) **оксигемоглобин (HbO_2)** – гемоглобин, присоединивший кислород. Он имеет ярко-алый цвет, что определяет цвет артериальной крови;

- 2) **восстановленный гемоглобин (НН_б)** – гемоглобин, отдавший кислород. Он придает венозной крови вишневый цвет. В оксигемоглобине и восстановленном гемоглобине атомы железа находятся в двухвалентном состоянии;
- 3) **карбогемоглобин (Н_бСО₂)** – соединение гемоглобина с углекислым газом. Он содержится в венозной крови;
- 4) **метгемоглобин (Н_бОН)** – окисленная форма гемоглобина, образующаяся при действии на гемоглобин сильных окислителей, в результате чего железо окисляется и переходит в трехвалентное. Метгемоглобин прочно удерживает кислород и не может служить его переносчиком, поэтому является патологическим соединением гемоглобина;
- 5) **карбоксигемоглобин (Н_бСО)** – соединение гемоглобина с угарным газом. Это прочное соединение, в котором гемоглобин блокируется угарным газом и не может быть переносчиком кислорода;
- 6) **миоглобин** – соединение гемоглобина с кислородом, содержащееся в мышцах. Миоглобин обладает повышенной способностью к связыванию кислорода, что необходимо для снабжения кислородом сокращающихся мышц.

Лейкоциты – белые кровяные клетки, содержащие ядро и цитоплазму (рис. 33).

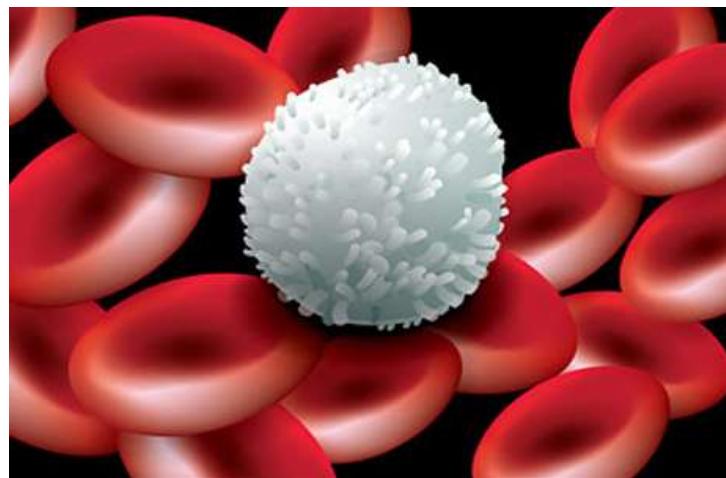


Рисунок 33 – Лейкоцит

- Они делятся на 2 группы (рис. 34):
- **зернистые лейкоциты (гранулоциты)** – в цитоплазме содержатся зернышки (гранулы). В зависимости от окраски гранул различают 3 вида гранулоцитов:

- ✓ **эозинофилы** – гранулы окрашиваются в розовый цвет;
 - ✓ **базофилы** – гранулы окрашиваются в синий цвет;
 - ✓ **нейтрофилы** – гранулы окрашиваются в розово-фиолетовый цвет. Различают 3 вида нейтрофилов:
 - *юные* – имеют бобовидное ядро;
 - *палочкоядерные* – ядро в виде подковы или палочки;
 - *сегментоядерные* – ядро разделено на несколько сегментов.
- **незернистые лейкоциты (агранулоциты)** – в цитоплазме гранулы отсутствуют. Они делятся на 2 вида:
- ✓ **лимфоциты** – имеют крупное ядро, окруженное узким ободком цитоплазмы;
 - ✓ **моноциты** – самые большие клетки крови с ядром полиморфной формы и хорошо выраженной цитоплазмой.

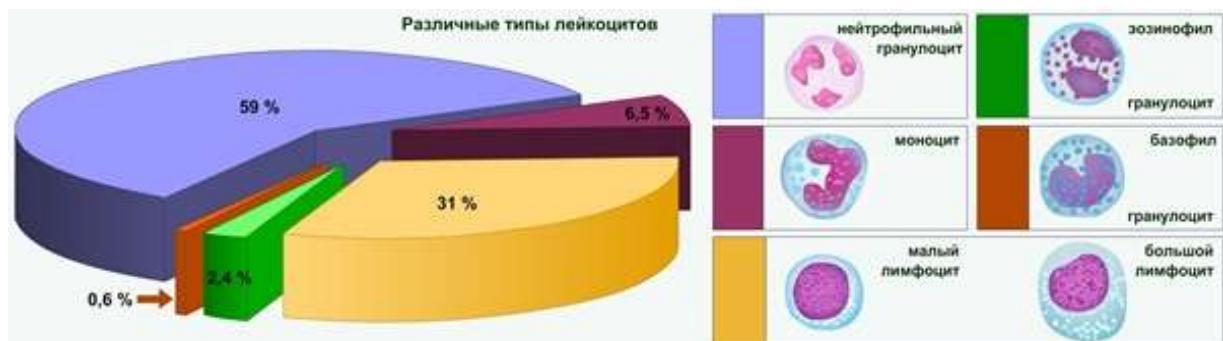


Рисунок 34 – Различные типы лейкоцитов

- *Функции лейкоцитов*

Лейкоциты выполняют защитную функцию. *Моноциты* и *нейтрофилы* участвуют в фагоцитозе, т. е. поглощении микробов, бактерий и инородных частиц за счет наличия ферментов, а также адсорбируют на своей поверхности и переносят антитела, обезвреживающие микробы и чужеродные белки.

Эозинофилы обезвреживают чужеродные белки и токсины белкового происхождения.

Базофилы имеют слабо выраженную способность к фагоцитозу. Они синтезируют гепарин, который препятствует свертыванию крови, и гистамин, который расширяет капилляры в очаге воспаления, что ускоряет заживление.

Лимфоциты выполняют иммунную функцию за счет выработки антител. Среди них различают *T-лимфоциты* (составляют 40–70 % всех лимфоцитов), которые создают клеточный иммунитет; *B-лимфоциты* (составляют 20–30 %), которые вырабатывают анти-

тела и создают гуморальный иммунитет; **нулевые лимфоциты** (составляют 10–20 %), которые при необходимости могут превращаться в Т- и В- лимфоциты (*рис. 35*).

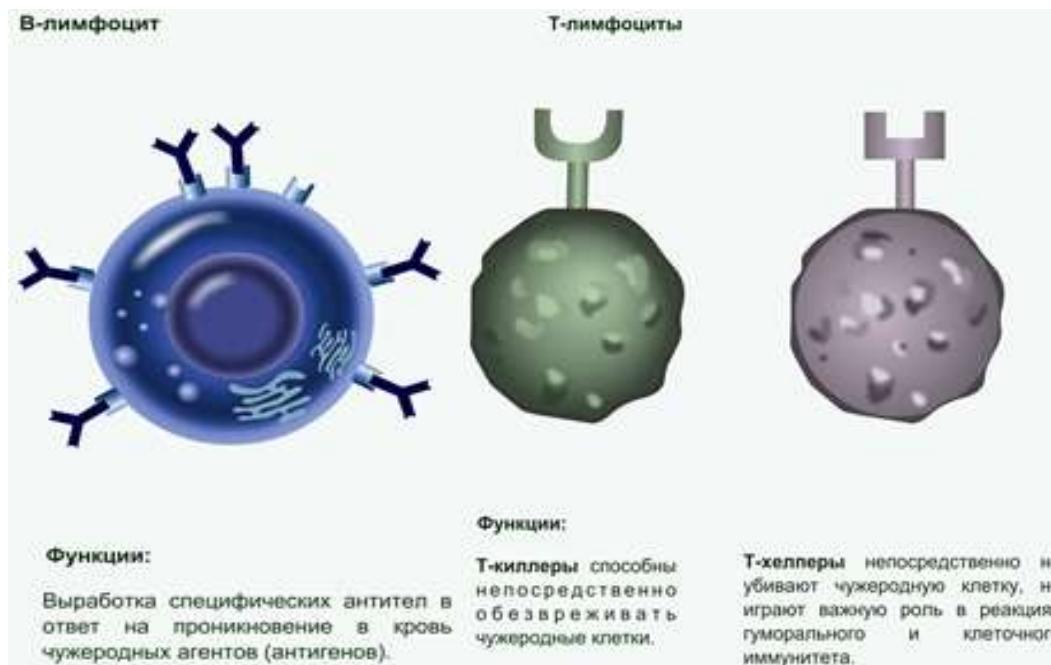


Рисунок 35 – Т- и В-лимфоциты

Продолжительность жизни лейкоцитов составляет от нескольких часов до 8–10 дней. Т-лимфоциты могут жить месяцы и даже годы.

Тромбоциты – кровяные пластинки без ядер у млекопитающих и с ядрами у птиц (*рис. 36*).

Тромбоциты содержат цитоплазму с гранулами. В их состав входят ферменты, адреналин, норадреналин, лизоцим, АТФ и серотонин. Тромбоциты могут менять форму и размеры в зависимости от местоположения. Продолжительность их жизни составляет 3–5 дней.

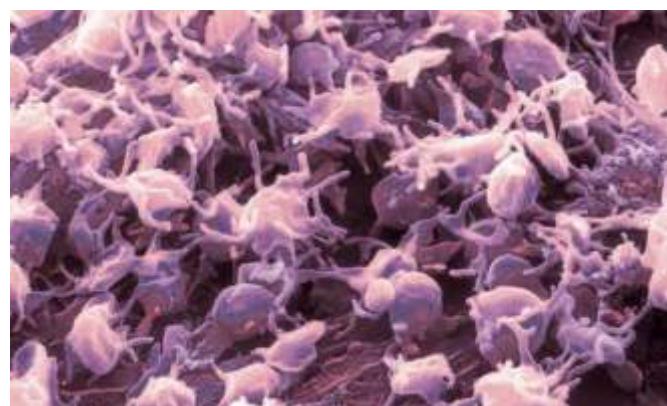


Рисунок 36 – Тромбоциты

- *Функции тромбоцитов:*

- 1) участвуют в процессе свертывания крови. При соприкосновении с инородными телами или шероховатой поверхностью тромбоциты слипаются, а затем распадаются на мелкие обломки, в результате чего из них выделяются *тромбоцитарные факторы*, принимающие участие в свертывании крови;
- 2) служат строительным материалом для тромба;
- 3) выделяют вещества, уплотняющие кровяной сгусток – *ретрактозмы* и стимулирующие деление клеток – *тромбоцитарный фактор роста*;
- 4) укрепляют стенки кровеносных сосудов;
- 5) переносят вещества, которые суживают кровеносные сосуды и сохраняют структуру сосудистой стенки;
- 6) участвуют в фагоцитозе.

2.5. Физиологические свойства сердечной мышцы

К системе органов кровообращения относятся *сердце* и *сосуды*, которые обеспечивают непрерывное движение крови в организме животных.

Сердце высших животных состоит из 4 камер: *двух предсердий* и *двух желудочков*. Между предсердиями и желудочками в каждой половине сердца расположены *атриовентрикулярные отверстия*, в которых в левой половине находятся *двустворчатые клапаны*, а в правой – *трехстворчатые клапаны*. От левого желудочка отходит *аорта*, а от правого желудочка – *легочная артерия*. У отверстий, где начинаются эти сосуды, расположены *полулунные клапаны* (рис. 37).

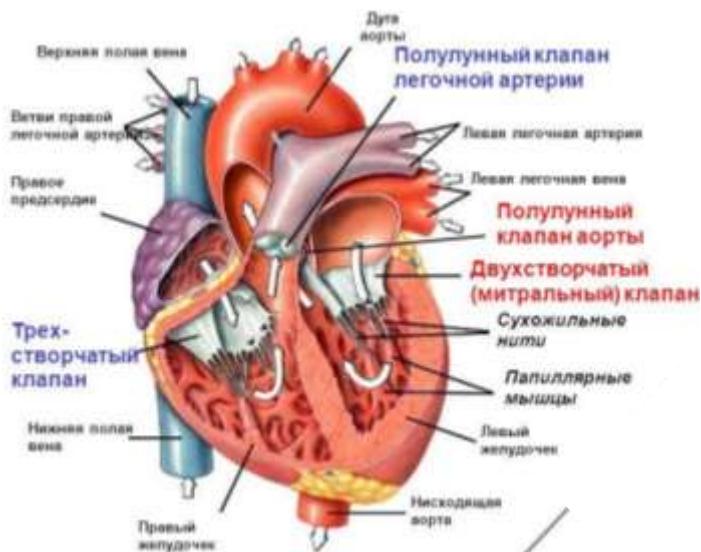


Рисунок 37 – Сердце млекопитающ

- Сердечная мышца (миокард) состоит из отдельных мышечных волокон и обладает следующими физиологическими свойствами:

1. **Автоматия** – способность сердца ритмически сокращаться без каких-либо внешних стимулов, под влиянием импульсов, возникающих в нем самом.

Автоматический ритм возникает в мышечной ткани, расположенной в узлах сердца. Клетки, задающие ритм автоматии, называются *пейсмекеры*. Клетки миокарда находятся в состоянии непрерывной ритмической активности в результате работы ионных насосов этих клеток. Во время расслабления из клеток выводятся ионы Na^+ , а внутрь клетки возвращаются ионы K^+ . Ионы Ca^{2+} проникают в цитоплазму и захватываются саркоплазматическим ретикулумом. Движение ионов через мембранны пейсмекеров обеспечивает процесс самовозбуждения в них, распространяющийся на миокард.

Разные отделы сердца проявляют различный автоматизм. Наибольшей автоматией обладает синусный узел.

2. **Возбудимость** – способность сердечной мышцы возбуждаться от различных раздражителей (электрических, химических и др.).

В основе процесса возбуждения лежит появление отрицательного электрического потенциала в возбужденном участке сердца.

О возбуждении сердечной мышцы судят по изменению разности потенциалов, возникающих между возбужденным участком и невозбужденным. В момент возбуждения возникает электродвижущая сила сердца в результате перехода ионов Na^+ через мембрану внутрь мышечного волокна. Мембрана при этом деполяризуется и приобретает положительный заряд.

Деполяризация возникает в разных участках миокарда неодновременно, поэтому разность биопотенциалов между различными участками сердечной мышцы в течение сердечного цикла изменяется. Условную линию, соединяющую две точки, называют *электрической осью сердца*.

3. **Проводимость** – способность сердца проводить возбуждение.

Проведение возбуждения в сердце осуществляется электрическим путем в результате образования потенциалов действия в мышечных клетках-пейсмекерах. Сначала процесс возбуждения возникает в синусном узле, а затем распространяется на другие отделы проводящей системы сердца.

Проводящая система сердца состоит из узлов и волокон (рис. 38).

Синусный узел – главный водитель ритма сердца. Вторым местом, вырабатывающим нервные импульсы, является **атриовентрикулярный узел**, от которого начинается **пучок Гиса**. Пучок проводит возбуждение от предсердий к желудочкам. Он имеет **две ножки**, одна из которых идет к левому желудочку, а другая – к правому. Ножки разделяются на **волокна Пуркинье**, расположенные под эндокардом и заканчивающиеся в сердечной мышце. По этим волокнам возбуждение передается всем мышечным волокнам.

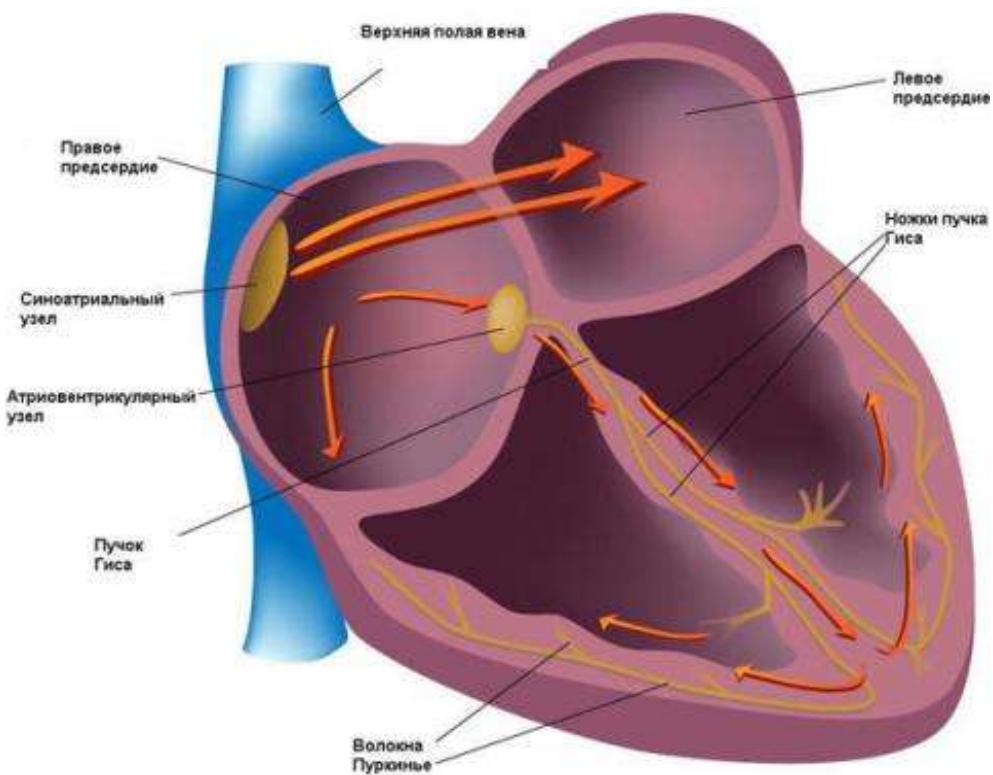


Рисунок 38 – Проводящая система сердца

Скорость проведения возбуждения в разных отделах сердца неодинакова. При поражении проводящей системы ритм сердца замедляется и возникают аритмии.

4. **Сократимость** – способность сердечной мышцы сокращаться. Сила сокращения сердечной мышцы прямо пропорциональна длине мышечных волокон. Сила сокращения зависит от силы раздражения и различных нервно-гуморальных влияний.

5. **Рефрактерность** – неспособность сердечной мышцы отвечать второй вспышкой возбуждения на искусственное раздражение или на приходящий к мышце импульс от водителя ритма.

Временное состояние невозбудимости называют *абсолютной рефрактерностью*. Период рефрактерности длится столько же времени, сколько продолжается систола. Если в синусном узле возникает внеочередное возбуждение в момент, когда рефрактерный период закончился, наступает *экстрасистола*. Экстрасистола может возникнуть также при внеочередном возбуждении желудочка и атриовентрикулярного узла.

2.6. Сердечный цикл

Основная функция сердца – нагнетание в артерии крови, притающей к нему по венам. В основе этой функции лежит ритмическое сокращение мышц желудочек и предсердий.

- Различают 3 фазы сердечного цикла:
 - 1) *период напряжения*;
 - 2) *период изгнания крови*;
 - 3) *период расслабления сердечной мышцы*.

Сокращение сердечной мышцы называют *систолой*, а расслабление – *диастолой*. Во время систолы происходит освобождение полостей сердца от крови, а во время диастолы – заполнение их кровью. Чередование систолы и диастолы составляет *сердечный цикл*.

Началом каждого сердечного цикла является систола предсердий, которая продолжается в среднем 0,1 с. При этом левое предсердие сокращается чуть позже правого. Во время систолы предсердий давление в их полостях повышается, что обеспечивает выталкивание крови из предсердий. При сокращении предсердий кровь не может поступать в вены, так как их отверстия суживаются в начале систолы. Атриовентрикулярные клапаны открываются, так как желудочки в этот момент находятся в стадии диастолы, и кровь поступает в них. После систолы предсердий начинается одновременная систола желудочек, которая длится 0,3–0,4 с. Предсердия в это время находятся в состоянии диастолы.

При сокращении желудочек в них возрастает давление крови, поэтому атриовентрикулярные клапаны закрываются. Давление крови в желудочках становится выше, чем в аортальной системе, в результате чего полулуные клапаны раскрываются и кровь изгоняется из сердца. Примерно через 0,25 с после раскрытия полулуных клапанов систола желудочек прекращается, их мускулатура расслабляется и начинается диастола. В этот момент полулуные клапаны за-

хлопывают, так как давление крови в желудочках падает и становится ниже, чем в аорте и легочной артерии (рис. 39).

Оба желудочка сокращаются синхронно, но левый желудочек сокращается в два раза сильнее правого в результате большей толщины миокарда.

Ритм работы сердца зависит от массы тела, возраста, вида животного, уровня обмена веществ и характера работы.

Сердечный цикл

Фаза	Время	Предсердия	Желудочки
1	0,1 с	Сокращаются	Расслабляются
2	0,3 с	Расслабляются	Сокращаются
3	0,4 с	Расслабляются	Расслабляются

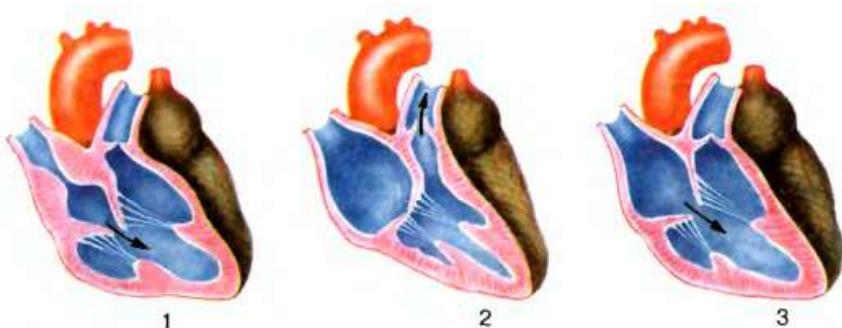


Рисунок 39 – Сердечный цикл:

1 – сокращение предсердий; 2 – сокращение желудочков; 3 – пауза.

При сокращении желудочков открываются полулунные клапаны и закрываются створчатые. В остальных фазах створчатые клапаны всегда открыты, полулунные – всегда закрыты

2.7. Регуляция работы сердца

Деятельность сердца регулируется *нервными импульсами*, поступающими к нему из центральной нервной системы по блуждающим и симпатическим нервам, а также *гуморальным путем* (рис. 40).

Между центрами блуждающего нерва и сердцем имеется двухнейронная связь. Первые нейроны расположены в продолговатом мозге, а вторые нейроны – в интрамуральных ганглиях сердца, отростки которых идут к синусному узлу, мышечным волокнам предсердий и атриовентрикулярному узлу.

Симпатический нерв передает импульсы сердцу также по двухнейронной цепочке. Первые нейроны расположены в боковых рогах грудных отделов спинного мозга. Вторые нейроны расположены в звездчатом ганглии, от которого к сердцу отходит много нервных волокон.

Раздражение блуждающего нерва вызывает замедление ритма биения сердца, уменьшение силы сокращений, понижение возбудимости сердечной мышцы и уменьшение скорости проведения возбуждения в сердце.

Раздражение симпатических нервов наоборот ускоряет ритм сердечных сокращений, усиливает сердечные сокращения, улучшает проведение возбуждений в сердце и повышает возбудимость сердца.

Гуморальная регуляция деятельности сердца осуществляется химически активными веществами, выделяющимися в кровь и лимфу из желез внутренней секреции и при раздражении нервов.

При раздражении блуждающих нервов в их окончаниях выделяется *ацетилхолин*, а при раздражении симпатических – *норадреналин*. Из надпочечников в кровь поступает *адреналин*. Норадреналин и адреналин ускоряют и усиливают работу сердца, ацетилхолин – тормозит. Гормон щитовидной железы *тиroxсин* повышает чувствительность сердца к действию симпатических нервов.

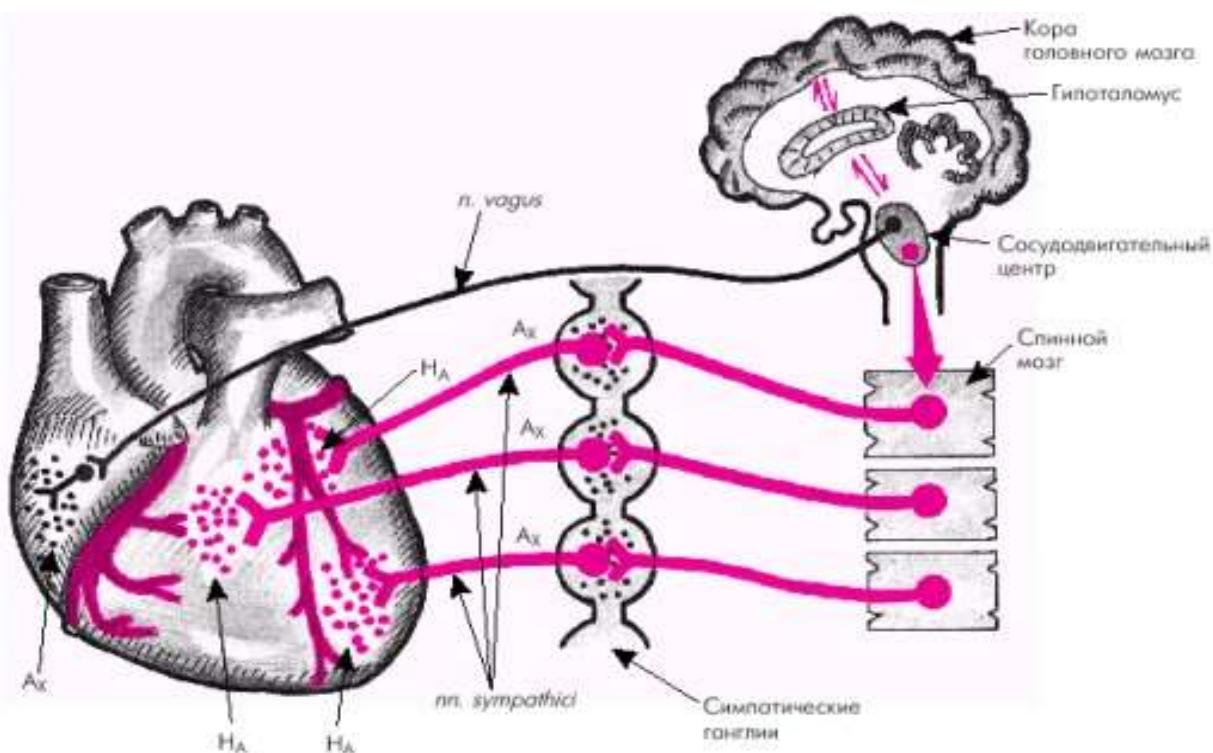


Рисунок 40 – Нервно-гуморальная регуляция сердца:
 A_X – ацетилхолин; H_A – норадреналин

Нормальная работа сердца обеспечивается также электролитами крови. *Ионы калия* угнетают деятельность сердца: уменьшается сила сокращений, замедляются ритм и проведение возбуждения по проводящей системе сердца. *Ионы кальция* усиливают сердечную деятельность, повышают возбудимость и проводимость миокарда.

В каждой мышечной клетке сердца работают механизмы регуляции белка, обеспечивающие сохранение ее структуры. При увеличении нагрузки на сердце синтез сократительных белков миокарда ускоряется.

Интенсивность работы миокарда зависит от количества крови, притекающей к сердцу. При этом сила сокращения миокарда пропорциональна длине мышечных волокон, что обеспечивает наибольший приток крови к сердцу.

Рефлекторная регуляция функций сердца обеспечивается центрами продолговатого и спинного мозга, корой полушарий, а также гипоталамической областью промежуточного мозга.

Ритм и сила сокращений сердца изменяются при эмоциональном возбуждении. Это связано с раздражением гипоталамо-гипофизарной системы и надпочечников, которые выделяют в кровь катехоламины.

На частоту сердечных сокращений влияют болевые раздражения, понижение или повышение температуры воздуха. Боль и низкая температура замедляют сердцебиение, высокая температура воздуха – учащает.

В регуляции работы сердца участвуют также рецепторы, находящиеся в определенных участках крупных кровеносных сосудов. Расположенные здесь барорецепторы и хеморецепторы образуют *сосудистые рефлексогенные зоны*. Нервные окончания, расположенные в сосудистой стенке сонных артерий и аорты, представляют собой прессорецепторы. Их раздражение происходит при растяжении сосудистой стенки в результате повышения артериального давления. Импульсы от прессорецепторов поступают к блуждающему нерву, что замедляет и ослабевает сердцебиение.

Рецепторы имеются и в самом сердце в миокарде и эндокарде. Их раздражение изменяет работу сердца и тонус кровеносных сосудов. В правом предсердии и у устья полых вен располагаются механорецепторы, которые реагируют на растяжение, возникающее при повышении давления в предсердии или в полых венах. Импульсы от этих рецепторов вызывают ускорение ритма сердца.

Хеморецепторы раздражаются гуморальным путем при изменении химического состава крови (избыток CO_2 , недостаток O_2 и других веществ). В легочной артерии имеются рецепторные зоны, поэтому при повышении в ней кровяного давления сердечный ритм замедляется.

На сердечный ритм влияют также сигналы от проприорецепторов скелетных мышц. При мышечной работе биотоки усиливаются, что тормозит центры блуждающего нерва и учащает сердцебиение.

На деятельность сердца оказывает влияние и кора больших полушарий.

Лабораторное занятие 2. Физиология системы крови

Цель занятия: ознакомиться с получением цельной крови, сыворотки, плазмы, фибрина и дефибринированной крови. Изучить явление гемолиза и его виды. Научиться определять скорость оседания эритроцитов и количество гемоглобина в крови.

2.1. Правила взятия крови у разных видов животных

- При взятии крови у животных соблюдают следующие правила:

- 1) фиксация животных;
- 2) выбор места взятия крови. Для каждого вида животного имеются особенности расположения доступных сосудов;
- 3) обработка места взятия крови. Волосяной покров на месте взятия крови выстригают и протирают смесью спирта с эфиром (1:1);
- 4) правила прокола. При взятии крови из вены перед проколом ее сдавливают или большим пальцем левой руки или накладывают резиновый жгут ниже места укола. Иглу вводят против тока крови под углом 45°. Вытекающую из иглы кровь собирают, направляя ее по стенке в пробирку. Перед извлечением иглы из сосуда снимают жгут или прекращают сдавливание вены пальцем. После взятия крови иглу убирают, место укола обрабатывают спиртом или настойкой йода.

Способы получения крови у животных

Лошади. Небольшое количество крови у лошадей получают из ушной вены путем ее прокола инъекционной иглой. Для получения больших количеств крови производят пункцию яремной вены на границе верхней и средней трети шеи.

Крупный рогатый скот. Небольшое количество крови получают из ушной вены. Большой объем крови берут из яремной вены на границе верхней и средней трети шеи.

Свиньи. Малые количества крови получают путем надреза ушной вены. Для получения больших количеств крови отсекают ножницами или скальпелем отрезок хвоста длиной 1–1,5 см. По окончании кровопускания рану обрабатывают настойкой йода, а кончик хвоста сдавливают резиновым кольцом или перетягивают бинтом до прекращения кровотечения.

Собаки, пушиные звери. Небольшое количество крови получают путем надреза края уха или путем срезания кожи на подушечке одного из пальцев тазовой конечности. Для получения больших порций крови производят пункцию локтевой или лучевой вены, расположенной на передней конечности.

Кролики. Кровь у кроликов получают путем надреза или прокола вены, расположенной снаружи по тонкому краю уха.

Морские свинки. Небольшое количество крови у морских свинок получают путем надреза края уха. Для получения больших количеств делают пункцию сердца. Иглу вкалывают в точке, где хорошо ощущается сердечный толчок, на глубину 1,5–2 см.

У **мышей, крыс** кровь берут из сосудов хвоста путем срезания его кончика ножницами или скальпелем.

Птицы. Небольшое количество крови у кур и индеек получают надрезом гребня, сережек. У гусей и уток делают надрез межпальцевых перепонок. В большом количестве кровь у птиц получают из подкрыльцовой вены, расположенной на внутренней поверхности крыла.

2.2. Получение цельной крови, сыворотки, плазмы, фибрина и дефибринированной крови

Получение плазмы

Для получения плазмы кровь необходимо предохранить от свертывания путем добавления **антикоагулянтов**. Такая кровь после отстаивания или центрифугирования разделяется на плазму (верхний слой) и форменные элементы (рис. 41, 42).



Рисунок 41 – Плазма крови

В качестве антикоагулянтов используют лимоннокислый натрий или щавелевокислый аммоний – 20–30 мг на 10 мл крови, 2 капли гепарина или трилона Б на 10 мл крови.

Пробирку с кровью и антикоагулянтом закрывают пробкой и перемешивают. Пробирку помещают в центрифугу и центрифугируют при 3 000 об/мин в течение 20 мин.

Получение сыворотки

В пробирку наливают 10 мл крови животного и ставят пробирку в термостат при 38 °С на 10–15 часов. Для лучшего отделения сыворотки через 1 час обводят вокруг сгустка тонкой проволокой для отделения его от стенок пробирки и снова ставят пробирку в термостат. За это время кровь свертывается, происходит уплотнение сгустка и отделение сыворотки. Этот процесс называется *ретракция*.

Сыворотка от плазмы отличается тем, что в ней нет белка фибриногена, она имеет желтовато-соломенный цвет и более прозрачна, чем плазма (рис. 42).



Рисунок 42 – Плазма и сыворотка крови

Получение дефибринированной крови

Дефибринированная кровь – это кровь, в которой отсутствует фибриноген. Она состоит из форменных элементов крови и сыворотки.

В колбу со стеклянными шариками наливают кровь и встряхивают ее в течение 15–20 мин. Затем фильтруют через марлю для освобождения от фибриногена. Фибрин промывают и высушивают. Фибрин можно получить, если кровь перемешивать волосяной метелкой, на которую наматываются нити фибриногена (рис. 43).

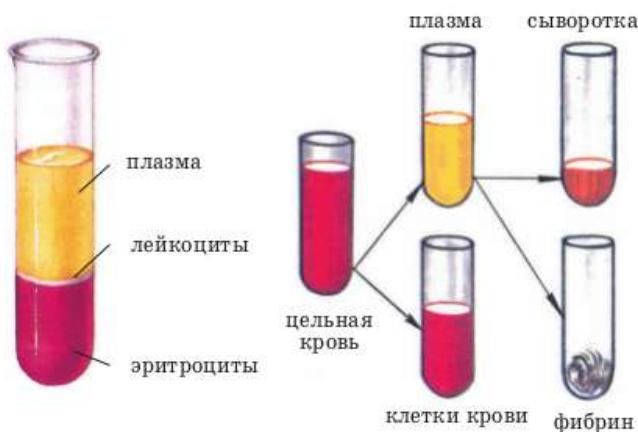


Рисунок 43 – Составные части крови

2.3. Наблюдение гемолиза

Гемолиз – разрушение эритроцитов крови с выделением в окружающую среду гемоглобина.

Оболочка эритроцита в норме непроницаема для гемоглобина, поэтому он может выходить только при разрушении эритроцита или увеличении проницаемости белково-липидной мембраны. Гемолизированная кровь становится прозрачной – «лаковой». При этом оболочка и сетчатая строма эритроцита оседают, образуя «тени» эритроцитов.

Гемолиз вызывают различные факторы: действие гипотонических растворов, кислот, щелочей, ядов и токсинов, механическое повреждение эритроцитов и др. (табл. 2).

Таблица 2 – Виды гемолиза

Вид гемолиза	Фактор, вызывающий гемолиз	Механизм гемолиза
1	2	3
Оsmотический	Гипотонические растворы	Проникновение H_2O в эритроцит, набухание его и разрыв оболочки
Химический	Действие кислот, щелочей, эфира, хлороформа, спирта	Растворение белково-липидной оболочки и разрушение эритроцита
Механический	Резкое встряхивание, перемешивание крови	Механическое разрушение оболочки эритроцитов
Температурный	Охлаждение, замораживание Действие высоких температур	Разрушение оболочки эритроцита кристаллами льда Свертывание (денатурация) белков и нарушение целостности оболочки

Окончание табл. 2

1	2	3
Биологический	Результат переливания несовместимой крови. Действие ядов змей, насекомых, паразитов, бактериальных токсинов	Увеличение проницаемости оболочки эритроцита или разрушение оболочки

- Различают 3 типа растворов: *изотонический*, *гипотонический* и *гипертонический* (рис. 44).

Изотонический (физиологический) раствор – раствор, осмотическое давление которого равно осмотическому давлению плазмы крови (таким раствором является 0,9 % раствор NaCl).

Гипотонический раствор – раствор, осмотическое давление которого ниже осмотического давления плазмы крови, концентрация NaCl в растворе ниже 0,9 %.

Гипертонический раствор – раствор, осмотическое давление которого выше осмотического давления плазмы крови, концентрация NaCl в растворе выше 0,9 %.



Рисунок 44 – Растворы с различной концентрацией натрия хлорида

В физиологическом растворе эритроциты не разрушаются, в гипотоническом растворе происходит *гемолиз* (если поместить эритроцит в гипотонический раствор, то вода по принципу осмоса будет поступать в эритроцит, который при этом увеличивается, растягивается и при низкой солевой концентрации разрушается), в гипертоническом растворе – *плазмолиз* (явление сжатия, высушивания клеток в гипертоническом растворе) (рис. 45).

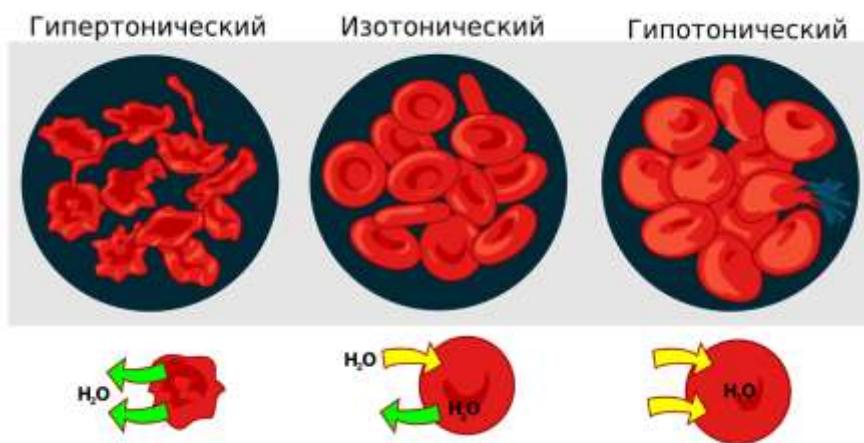


Рисунок 45 – Взаимодействие красных кровяных телец с растворами в зависимости от их осмотического давления

Цель работы: изучить влияние различных веществ на проницаемость оболочек эритроцитов и гемолиз.

Материалы и оборудование: кровь с добавлением любого антикоагулянта, штатив с пробирками, пипетки на 5 мл, глазные пипетки, дистиллированная вода, спирт этиловый, эфир, хлороформ, аммиак, 0,1 %, 0,9 %, 1,5 %-е растворы хлорида натрия, 1 % и 10 %-й растворы хлорида кальция.

Ход работы: нумеруют 10 пробирок, ставят в штатив и заполняют растворами согласно таблице.

Номер пробирки	Растворы, по 5 мл в каждую пробирку	Кровь	Учет реакции	
			наличие (+) или отсутствие (-) гемолиза	причины гемолиза
1	Дистиллированная вода	5 капель		
2	Спирт	5 капель		
3	Эфир	5 капель		
4	Хлороформ	5 капель		
5	Нашатырный спирт	5 капель		
6	0,1 % раствор NaCl	5 капель		
7	0,9 % раствор NaCl	5 капель		
8	1,5 % раствор NaCl	5 капель		
9	1 % раствор CaCl ₂	5 капель		
10	10 % раствор CaCl ₂	5 капель		

Все пробирки тщательно перемешивают и ставят в штатив на 5–10 минут. В пробирках, где произошел гемолиз, будет осадок из разрушенных эритроцитов, надосадочная жидкость прозрачная. Если гемолиз не произойдет, надосадочная жидкость останется мутной, непрозрачной (*рис. 46*).

В работе отметить, в каких пробирках произошел гемолиз и объяснить его причину (осмотический, химический).

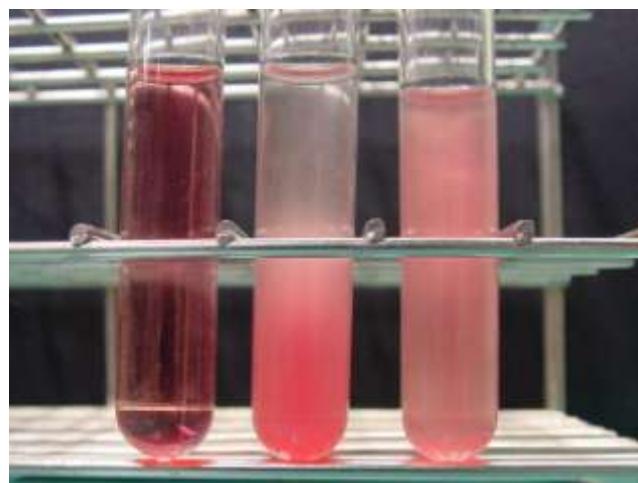


Рисунок 46 – Гемолиз крови

2.4. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ)

Эритроциты имеют определенную массу и поэтому в крови, предохраненной от свертывания, при стоянии в сосуде происходит их оседание, а над ними отстает слой плазмы. Скорость оседания эритроцитов зависит от физико-химических свойств плазмы и физиологического состояния животного. СОЭ зависит от количества глобулинов в крови. При воспалительных процессах увеличивается количество гамма-глобулинов и СОЭ повышается.

Скорость оседания эритроцитов определяют микрометодом Панченкова. Прибор Панченкова состоит из нескольких стеклянных капилляров диаметром 1 мм и штатива (*рис. 47*). Капиллярные пипетки градуированы от 0 до 100 мм по 1 мм. На них имеется на уровне 100 метка «К» и на уровне 50 – метка «Р».

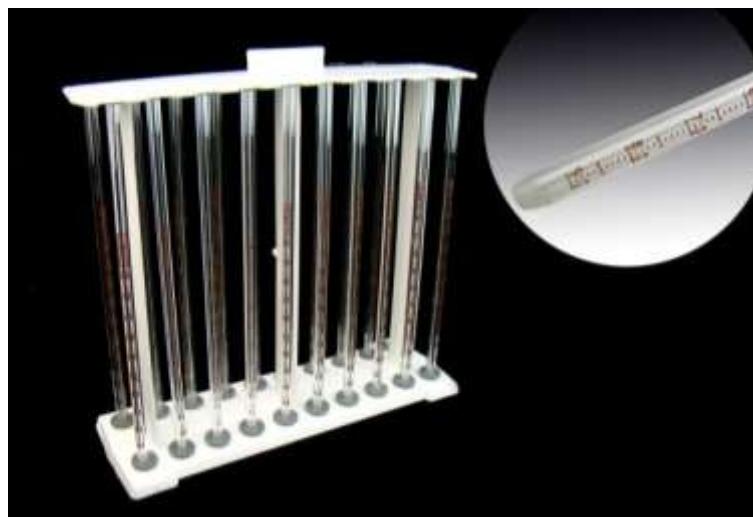


Рисунок 47 – Аппарат Панченкова (СОЭ-метр, прибор ПР-3)

Цель работы: определить скорость оседания эритроцитов (СОЭ), используя аппарат Панченкова.

Материалы и оборудование: штатив и пипетки Панченкова, часовые стекла или маленькие пробирки, 5 %-й раствор цитрата натрия, стабилизированная кровь.

Ход работы: капилляр промывают 5 %-м раствором лимоннокислого натрия, наполняют его этим раствором до метки «Р» (50) и выпускают раствор на часовое стекло. Затем дважды до метки «К» (100) набирают кровь, каждый раз смешивая. Соотношение лимоннокислого натрия к крови на часовом стекле составляет 1:4. Кровь из часового стекла набирают в пипетку до метки «К» и ставят в штатив. Проверяют СОЭ через 1 ч по отстоявшемуся столбiku плазмы в мм (мм/ч).

В норме за час СОЭ составляет: у лошади – 64 мм/ч; коровы – 0,7; овцы – 0,6; свиньи – 8; собаки – 2,5; кролика – 1,5; курицы – 4; мужчин – 1–10; женщин – 2–15 мм/ч.

2.5. Определение количества гемоглобина в крови по методу Сали

Количество гемоглобина в крови определяют колориметрическим методом (гемометром Сали) или электрофотоколориметрическим методом (ФЭК).

Гемометр Сали состоит из трех пробирок, помещенных в штативе. Средняя пробирка пустая, градуированная. Боковые пробирки запаяны и наполнены стандартным раствором гемоглобина. К гемометру приложена капиллярная пипетка объемом 0,02 мл (рис. 48).

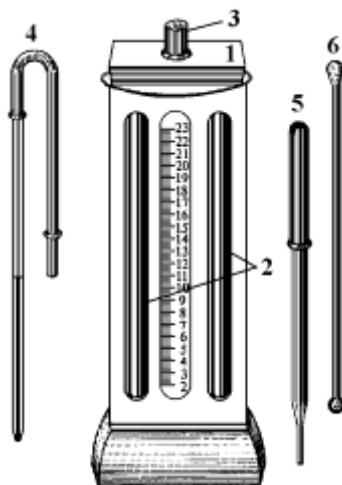


Рисунок 48 – Гемометр Сали (ГС-3):

1 – корпус; 2 – запаянные пробирки со стандартом; 3 – градуированная пробирка; 4 – капиллярная пипетка для взятия крови; 5 – глазная пипетка; 6 – стеклянная палочка

Цель работы: определить содержание гемоглобина в крови по методу Сали.

Материалы и оборудование: стабилизированная кровь, гемометр Сали, 0,1 н раствор соляной кислоты, дистиллированная вода.

Ход работы: в среднюю пробирку гемометра наливают пипеткой 0,1 н раствор HCl до нижней метки. В капиллярную пипетку насыпают кровь до метки 0,02 мл, опускают ее на дно пробирки и выдывают кровь под кислоту. Содержимое пробирки перемешивают и оставляют на 5 минут в штативе для гемолиза эритроцитов. Гемоглобин образует с соляной кислотой солянокислый гематин коричневого цвета. Затем в пробирку по каплям, при постоянном помешивании стеклянной палочкой, добавляют дистиллированную воду до тех пор, пока цвет жидкости не совпадет с цветом стандартного раствора в пробирках. По нижнему мениску жидкости в средней пробирке определяют количество гемоглобина в г%. Чтобы перевести эту единицу измерения в систему СИ, надо найденное количество гемоглобина умножить на 10, тогда получится количество гемоглобина в г/л.

За идеальную норму принимают концентрацию гемоглобина в крови, равную 16,67 г%. Для пересчета полученных результатов в абсолютные цифры производят расчеты:

$$x = \frac{A \times 100}{16,67}, \text{ где } A \text{ – количество гемоглобина, полученное в опыте.}$$

В норме содержание гемоглобина (г/л) составляет у лошади – 80–140; коровы – 90–120; овцы – 70–110; козы – 90–110; свиньи – 90–110; собаки – 110–170; кролика – 100–125; курицы – 80–120; мужчин – 132–164; женщин – 115–145 г/л.

Лабораторное занятие 3. Физиология системы крови

Цель занятия: освоить методики и произвести подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов в крови. Ознакомиться с морфологическими особенностями лейкоцитов и вывести лейкоцитарную формулу. Овладеть техникой определения групп крови человека системы АВ0 и резус-фактора.

3.1. Подсчет количества эритроцитов

Для подсчета форменных элементов крови используют *камеру Горяева* (рис. 49). Она представляет собой отшлифованное стекло, на поверхности которого имеются три поперечные полосы. Средняя полоса разделена продольно на две части и на каждой из них нанесена сетка (рис. 50). Сетка имеет 225 квадратов разной рассеченности: 25 из них разделены поперечными и продольными линиями на 16 маленьких квадратов в каждом, есть квадраты только с продольной и только с поперечной рассеченностью и 100 квадратов не имеют рассеченности.

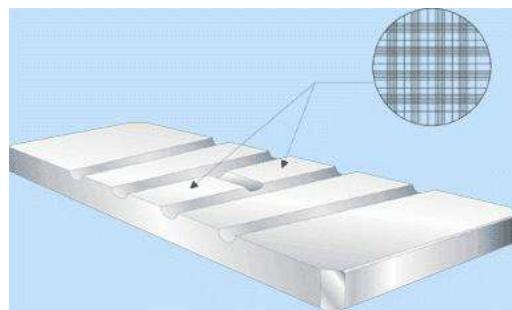


Рисунок 49 – Камера Горяева

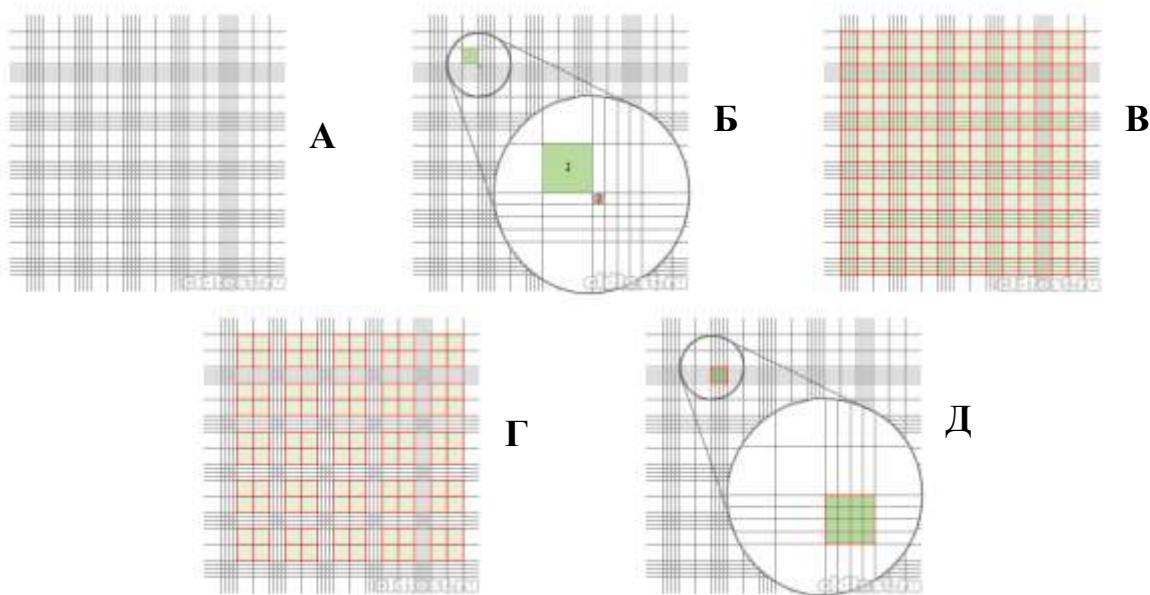


Рисунок 50 – Сетка счетной камеры Горяева:

A – сетка камеры Горяева; Б – большой (1) и малый (2) квадраты сетки камеры Горяева; В – 225 больших квадратов сетки камеры Горяева; Г – 100 больших квадратов сетки камеры Горяева; Д – большой квадрат камеры Горяева, разделенный на 16 малых квадратов

Цель работы: освоить методику и произвести подсчет эритроцитов в крови.

Материалы и оборудование: стабилизированная кровь, микроскоп, камера Горяева, покровные стекла, пробирки, 0,9 %-й раствор натрия хлорида, спирт, эфир.

Ход работы: перед работой камеру обрабатывают тампоном, смоченным спиртом с эфиром, просушивают и притирают к поверхности покровное стекло до появления радужных колец. Для подсчета эритроцитов необходимо разбавить кровь. Для этого можно пользоваться двумя способами.

Первый способ – разбавление в специальном смесителе (меланжере) (рис. 51). Кровь набирают до метки «0,5», а разбавитель (0,9 %-й раствор NaCl) до метки «101» – степень разбавления будет 1:200, т. е. в 200 раз. Меланжер зажимают и встряхивают, смешивая кровь с жидкостью в его ампулообразном расширении.

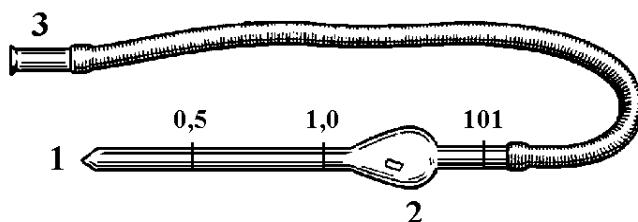
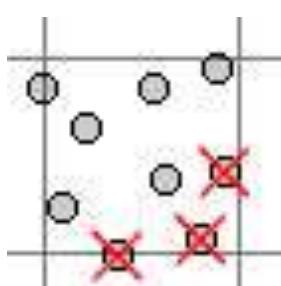
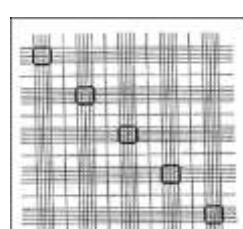


Рисунок 51 – Смеситель крови для подсчета эритроцитов:
1 – капилляр; 2 – ампула; 3 – наконечник

Второй способ – разбавление в пробирке. Наливают 4 мл 0,9 %-го раствора NaCl и добавляют 0,02 мл крови с помощью капилляра от гемометра, перемешивают, при этом кровь будет разведена в 200 раз. Из пробирки берут пипеткой 1–2 капли жидкости, вносят ее в камеру Горяева под покровное стекло, выдерживают 1 минуту для прекращения движения клеток и приступают к подсчету.



Эритроциты подсчитывают под малым увеличением микроскопа в 5 больших квадратах, рассеченных на 16 маленьких (т. е. в 80 малых квадратах). Клетки считают в квадратах,



расположенных по диагонали, начиная подсчет с левого верхнего угла сетки. В квадрате считаются клетки, лежащие внутри его, а также касающиеся левой и верхней границ. Клетки, касающиеся правой и нижней границ, при подсчете не учитываются.

Вычисление количества эритроцитов производится по формуле

$$x = \frac{A \times 4000 \times 200}{80} = A \times 10000 \text{ (млн/мкл; } 10^{12}/\text{л}),$$

где X – количество эритроцитов в 1 мкл крови;

A – количество эритроцитов в 5 больших квадратах;

200 – степень разведения крови;

80 – количество маленьких квадратов в 5 больших;

4 000 – коэффициент перевода к объему в 1 мкл крови.

В норме количество эритроцитов ($\times 10^{12}/\text{л}$) составляет у лошади – 6–9; крупного рогатого скота – 5–7,5; мелкого рогатого скота – 7–12; свиньи – 6–7,5; собаки – 5,2–8,4; кролика – 5–7,5; курицы – 3–4; мужчин – 4–5,1; женщин – $3,7\text{--}4,7 \times 10^{12}/\text{л}$.

Повышение числа эритроцитов в крови называется **эритроцитоз**, лейкоцитов – **лейкоцитоз**, тромбоцитов – **тромбоцитоз**.

Уменьшение числа эритроцитов в крови называется **анемия**, лейкоцитов – **лейкопения**, тромбоцитов – **тромбоцитопения**.

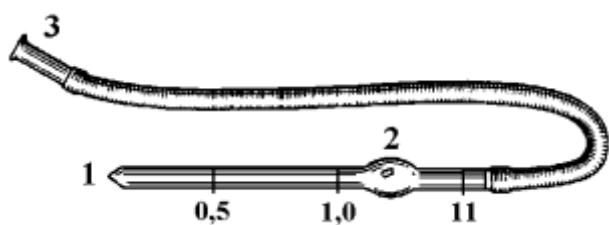
3.2. Подсчет количества лейкоцитов

Цель работы: освоить методику и произвести подсчет лейкоцитов в крови.

Материалы и оборудование: стабилизированная кровь, микроскоп, камера Горяева, покровные стекла, пробирки, жидкость Тюрка (3 %-й раствор уксусной кислоты, подкрашенный метиленовым синим), спирт, эфир.

Ход работы: перед работой камеру обрабатывают тампоном, смоченным спиртом с эфиром, просушивают и притирают к поверхности покровное стекло до появления радужных колец. Для подсчета лейкоцитов необходимо разбавить кровь. Для этого можно пользоваться двумя способами.

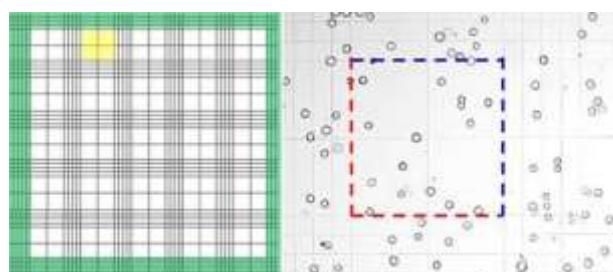
Первый способ – разбавление в специальном смесителе (меланжере) (рис. 52). Кровь набирают до метки «0,5», а разбавитель (жидкость Тюрка) до метки «11» – степень разбавления будет 1:20, т. е. в 20 раз. Меланжер зажимают и встряхивают, смешивая кровь с жидкостью в его ампулообразном расширении.



*Рисунок 52 – Смеситель крови для подсчета лейкоцитов:
1 – капилляр; 2 – ампула; 3 – наконечник*

Второй способ – разбавление в пробирке. Наливают 0,4 мл жидкости Тюрка (смесь 3 %-й уксусной кислоты и метиленового синего) и добавляют 0,02 мл крови с помощью капилляра от гемометра, перемешивают, при этом кровь будет разведена в 20 раз. Разбавленную кровь насасывают в пипетку от гемометра и каплю подводят к краю покровного стекла. В силу капиллярности кровь заполняет сетку. Камеру Горяева выдерживают 1 минуту для прекращения движения клеток и приступают к подсчету.

Лейкоциты подсчитывают под малым увеличением микроскопа при опущенном конденсоре и прикрытой диафрагме для лучшего контрастирования клеток. Определение количества лейкоцитов проводят в 100 больших не рассеянных квадратах, переводя поле зрения микроскопа последовательно по всем группам больших квадратов зигзагообразно, начиная подсчет с левого верхнего угла сетки (рис. 53).



*Рисунок 53 – Квадраты сетки камеры Горяева для подсчета лейкоцитов:
слева: общий вид сетки камеры Горяева на малом увеличении (зеленым
показано все рабочее поле, подлежащее исследованию, желтым цветом
выделена группа из 4 больших квадратов, в которых подсчитывают лейкоци-
ты). Справа: лейкоциты в больших квадратах, показана методика вклю-
чения лейкоцитов, располагающихся по границе больших квадратов – к подсчитанным
причисляют те клетки, которые располагаются только по нижней и левой
границе (красный пунктир) или по верхней и правой границе (синий пунктир)*

Вычисление количества лейкоцитов производится по формуле

$$x = \frac{A \times 4000 \times 20}{1600} = B \times 50 \text{ (тыс/мкл; } 10^9/\text{л}),$$

где X – количество лейкоцитов в 1 мкл крови;

B – количество лейкоцитов в 100 квадратах;

20 – степень разведения крови;

1 600 – количество маленьких квадратов в 100 больших;

4 000 – коэффициент перевода к объему в 1 мкл крови.

После подсчета камеру и покровное стекло промывают и высушивают.

В норме количество лейкоцитов ($\times 10^9/\text{л}$) составляет у лошади – 7–12; крупного рогатого скота – 4,5–12; мелкого рогатого скота – 6–14; свиньи – 8–16; собаки – 8,5–10,5; кролика – 5,5–9; курицы – 20–40; человека – $4–9 \times 10^{12}/\text{л}$.

3.3. Выведение лейкоцитарной формулы

Лейкоцитарная формула – это процентное соотношение различных видов лейкоцитов в периферической крови.

Подсчет лейкоцитарной формулы проводят при иммерсионной микроскопии окрашенных мазков. Обычно используется окраска по Романовскому – Гимзе или комбинированная окраска – Май-Грюнвальда – Романовского по Паппенгейму. Окраска по Романовскому – Гимзе (смесь краски азур II, водорастворимого эозина, метиленового спирта и эозина) позволяет хорошо дифференцировать ядро и цитоплазму. При комбинированной окраске по Паппенгейму последовательно применяют краску Май-Грюнвальда (раствор эозинометиленового синего в метиловом спирте) и Романовского – Гимзы. Этот способ считается наилучшим и используется для окраски мазков периферической крови и костномозговых пунктатов.

Цель работы: ознакомиться с морфологическими особенностями лейкоцитов и вывести лейкоцитарную формулу.

Материалы и оборудование: окрашенные мазки крови, микроскоп с осветителем, 11-клавишный счетчик для выведения лейкоформулы, иммерсионное масло, спирт этиловый, марля.

Ход работы: на край мазка наносят каплю иммерсионного масла. Опускают иммерсионный объектив в каплю масла и устанавливают резкость. Микроскопию мазков проводят по следующей методике (рис. 54, а). Мазок передвигают от верхнего края к нижнему, затем отодвигают на 2–3 поля зрения вдоль края и идут в обратном направлении.

лении до верхнего края и т. д. (зигзагообразно). Можно использовать и другие способы, изображенные на *рисунке 54, б, в*. Во всех случаях идентифицируют и подсчитывают не менее 100 лейкоцитов. Полученные результаты регистрируют с помощью клавишного счетчика (*рис. 55*). При дифференцировке лейкоцитов обращают внимание на размер клеток, структуру и форму ядер, окраску и наличие зернистости в цитоплазме (*табл. 3, 4*).

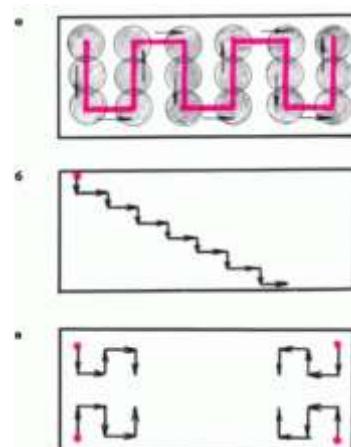


Рисунок 54 – Способы микроскопии (а, б, в) мазков крови



Рисунок 55 – Счетчик лабораторный СЛ-1

Таблица 3 – Морфологические особенности лейкоцитов

Вид лейкоцита	Форма ядра	Цитоплазма	
		окраска	зернистость
1	2	3	4
Базофилы	Бобовидная или сегментированная	Розовая	Крупная, темно-фиолетового цвета

Окончание табл. 3

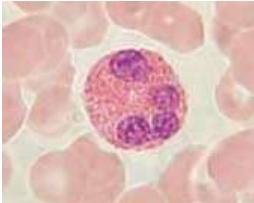
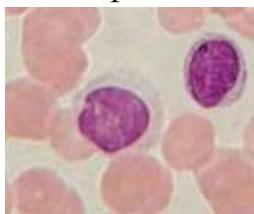
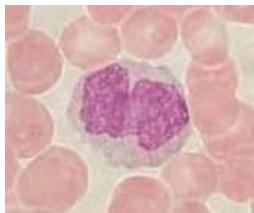
1	2	3	4
Эозинофилы 	Округлая, вытянутая или сегментированная	Розовая	Крупная, красного цвета
Юные нейтрофилы 	Бобовидная	Розовая	Мелкая, розово- фиолетового цвета
Палочкоядерные ней- трофилы 	В виде изогнутой палочки, подковы или буквы S	Розовая	Мелкая, розово- фиолетового цвета
Сегментоядерные нейтрофилы 	2–5 сегментов	Розовая	Мелкая, розово- фиолетового цвета
Лимфоциты 	Круглая, занимает большую часть клетки	Голубая, есть просветленная перинуклеарная зона	Отсутствует
Моноциты 	Бобовидная или подковообразная	Голубовато- серая, дымчатая	Отсутствует

Таблица 4 – Лейкоформула различных видов животных (в %)

Вид животного	Б	Э	Нейтрофилы			Л	Мон
			Ю	П	С		
Лошадь	0–1	2–6	0–0,5	3–6	45–62	25–44	2–4
КРС	0–2	5–6	0–1	2–5	20–35	40–65	2–7
Свинья	0–1	1–4	0–2	4–6	40–48	40–80	2–6
Собака	0–1	2–9	-	1–6	45–71	21–40	1–6

3.4. Определение групп крови и резус-фактора

В основе определения групп крови лежит *реакция агглютинации*. **Агглютинация** – это склеивание эритроцитов.

Агглютинация наступает в результате взаимодействия содержащихся в эритроцитах антигенов – **агглютиногенов (A, B)** – и имеющихся в плазме антител – **агглютининов (α, β)** (табл. 5).

Таблица 5 – Наличие агглютиногенов и агглютининов у людей с разными группами крови

Группа крови	Агглютиногены	Агглютинины
I	–	α, β
II	A	β
III	B	α
IV	A, B	–

Люди с I группой крови являются *универсальными донорами*, а с IV группой – *универсальными реципиентами*. На рисунке 56 представлена схема переливания различных групп крови.

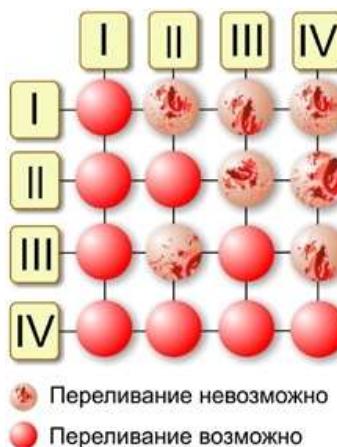


Рисунок 56 – Схема переливания крови

Для определения групп крови человека системы АВ0 применяют цоликлоны Анти-А и Анти-В (рис. 57). Цоликлоны Анти-А и Анти-В представляют собой асцитную жидкость мышей-носителей соответствующей гибридомы, в которой содержатся специфические иммуноглобулины класса М (IgM), направленные против антигенов А или В человека. Цоликлон Анти-А окрашивается в голубой цвет, Анти-В – в розовый.



Рисунок 57 – Цоликлоны Анти-А и Анти-В для определения AB0-принадлежности и цоликлон Анти-D Супер для определения резус-фактора

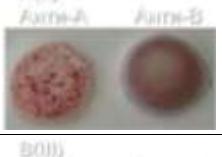
Определение производится в крови, взятой из пальца. Используется метод прямой гемагглютинации на плоскости (на предметном стекле). Определение группы крови производится в помещении с хорошим освещением при температуре 15–25 °С и состоит из следующих этапов:

1. Нанести на предметное стекло индивидуальными пипетками цоликлоны Анти-А и Анти-В по одной большой капле (0,1 мл) под соответствующими надписями.
2. Рядом с каплями антител нанести по одной маленькой капле исследуемой крови (0,01–0,03 мл).
3. Смешать кровь с реагентом.
4. Наблюдать за ходом реакции с цоликлонами визуально при покачивании предметного стекла в течение 3 минут. Агглютинация эритроцитов с цоликлонами наступает в первые 3–5 с, но наблюдение следует вести 3 мин вследствие более позднего появления агглютинации с эритроцитами, содержащими слабые разновидности антигенов А или В.
5. Результат реакции в каждой капле может быть положительным или отрицательным. Положительный результат выражается в агглютинации (склеивании) эритроцитов. Агглютинаты видны невооруженным глазом.

женным глазом в виде мелких красных агрегатов, быстро сливающихся в крупные хлопья. При отрицательной реакции капля остается равномерно окрашенной в красный цвет, агглютинаты в ней не обнаруживаются.

6. Интерпретация результатов реакции агглютинации исследуемой крови с цоликлонами представлена в *таблице 6*.

Таблица 6 – Результаты реакции с цоликлонами Анти-А и Анти-В

Результат реакции* с цоликлоном		Исследуемая кровь принадлежит к группе
Анти-А	Анти-В	
–	–	O(I) Анти-А Анти-В 
+	–	A(II) Анти-А Анти-В 
–	+	B(III) Анти-А Анти-В 
+	+	AB(IV) Анти-А Анти-В 

* Знаком плюс (+) обозначено наличие агглютинации, знаком минус (–) – отсутствие агглютинации

Для *определения резус-фактора* применяют моноклональный реагент – цоликлон анти-D супер (*рис. 57*). Цоликлон анти-D супер – моноклональные антитела к D-антителам эритроцитов человека системы Резус. Представляют собой разведенную солевым раствором культуральную жидкость, содержащую антитела анти-D класса IgM.

Применяется для исследования резус-принадлежности крови человека в реакции прямой агглютинации на плоскости. Агглютинация эритроцитов в присутствии реагента анти-D супер свидетельствует о наличии в исследуемой крови D-антител.

На предметное стекло наносят большую каплю реагента (около 0,1 мл). Рядом помещают маленькую каплю (0,01–0,05 мл) исследуе-

мой крови и смешивают кровь с реагентом. Реакция агглютинации начинает развиваться через 10–15 с, четко выраженная агглютинация наступает через 30–60 с. Результаты реакции учитывают через 3 мин. Если реакция агглютинации происходит, то кровь резус-положительная, если не происходит – резус-отрицательная.

Для *определения совместимости крови животных* пользуются *прямой, перекрестной и биологической пробами*. У животных в эритроцитах обнаружено большое количество антигенов, которые обозначают буквами латинского алфавита. При этом в плазме крови очень мало или совсем нет антител. Поэтому группы крови животных устанавливают только по антигенной характеристике эритроцитов. Разнообразные сочетания антигенов создают десятки и сотни групп крови. Антигены, передающиеся по наследству, составляют систему групп крови.

При *прямой пробе* на чистое предметное стекло наносят две капли сыворотки крови реципиента и к ним приливают одну каплю 5 %-й взвеси донорской крови в изотоническом растворе хлорида натрия. Если при медленном покачивании стекла эритроциты донора не будут собираться в комочки, а под микроскопом будут видны цельные, одиночно расположенные эритроциты, то пробу считают отрицательной, а исследуемую кровь – совместимой и пригодной для переливания.

При *перекрестной пробе* от 18–20 здоровых животных берут в пробирки по 10 мл нитрированной крови (кровь с 5 %-м раствором цитрата натрия в соотношении 1 часть раствора и 10 частей крови). Отстоявшуюся плазму отсасывают в отдельные пробирки, а осадок эритроцитов разбавляют в 5 раз физиологическим раствором. Ставят перекрестно реакцию агглютинации. Животные, эритроциты которых не агглютинируются плазмой крови других участвующих в исследовании животных, могут быть универсальными донорами.

При *биопробе* 150–200 мл крови донора, проверенного на инфекционные и кровепаразитарные болезни, вводят реципиенту. Если в течение 30 мин у последнего не появятся признаки беспокойства или возбуждения, то исследуемая кровь считается совместимой.

Лабораторное занятие 4. Физиология кровообращения

Цель занятия: ознакомиться с методами исследования сердечно-сосудистой системы: исследованием сердечного толчка, перкуссией сердечной области, аусcultацией сердца, исследованием пульса, измерением артериального давления. Освоить методику записи и анализа электрокардиограммы.

4.1. Методы исследования работы сердца

• К методам исследования механических и звуковых проявлений сердечной деятельности относятся:

- 1) **механокардиография** – регистрация сердечного толчка на поверхности грудной клетки. Отражает в основном сокращения левого желудочка;
- 2) **эзофагокардиография** – регистрация сердечного толчка левого предсердия в стенку пищевода. Записывается специальным зондом из пищевода;
- 3) **электрокимография** – регистрация движения контура сердца на рентгеновском аппарате;
- 4) **баллистокардиография** – основана на том, что изгнание крови из желудочков сердца вызывает колебания всего тела. Позволяет судить о силе сокращений сердца;
- 5) **динамокардиография** – основана на измерении и регистрации степени смещения центра тяжести грудной клетки при работе сердца. Позволяет судить о динамике перемещений массы крови внутри сердца;
- 6) **фонокардиография** – регистрация тонов сердца, звуковых явлений в работающем сердце.

• К методам изучения биоэлектрических явлений в сердечной мышце относятся:

- 1) **электрокардиография** – регистрация разности потенциалов на поверхности тела, возникающих при возбуждении сердечной мышцы;
- 2) **векторэлектрокардиография** – одновременная регистрация величины разности потенциалов и направления электрической оси сердца.

• При исследовании кровеносных сосудов применяют следующие методы:

- 1) **сфигмография** – регистрация пульса артерий. Метод позволяет получить информацию о функциональном состоянии артериальных сосудов большого круга, рассчитать скорость распространения пульсовой волны и эластическое сопротивление артериальной системы;
- 2) **реография** – метод изучения гемодинамики любого органа. Реограмма позволяет дать характеристику артериального кровенаполнения, состояния тонуса сосудов, венозного оттока, микроциркуляции, определить величины ударного и минутного объемов кровообращения;
- 3) **тахоосциллография** – метод регистрации скорости изменения объемов сосуда, расположенного под манжетой. Тахоосциллограмма дает возможность определять минимальное и максимальное sistолическое давление и среднее артериальное давление.

Исследование сердечного толчка

При сокращении желудочков сердце изменяет свое положение в грудной полости. Основание его опускается вниз, крупные сосуды натягиваются. Верхушка сердца во время систолы почти не изменяет своего положения, но все сердце немного поворачивается слева направо, а левый желудочек соприкасается с грудной стенкой. Это проявляется на поверхности грудной клетки в виде толчка. У сельскохозяйственных животных сердечный толчок **боковой**, а у собак и кошек – **верхушечный**.

Для исследования сердечного толчка применяют метод **пальпации** (прощупывания). Животное фиксируют в станке, отводят левую переднюю конечность вперед, правую руку кладут на холку, а ладонь левой руки прикладывают к грудной стенке (рис. 58). У мелких животных пальпацию (прощупывание) проводят с обеих сторон. У птиц пальпируют область грудной кости. Путем пальпации определяют частоту и ритмичность работы сердца.

У лошади толчок прощупывают слева в 5-м межреберье и справа в 4-м межреберье на 7–8 см ниже лопатко-плечевого сустава.

У крупного рогатого и мелкого рогатого скота толчок прощупывают слева в 4-м межреберье.

У собак и других плотоядных толчок прощупывают слева в области 5-го межреберья, а справа – в 4–5-м межреберьях.

У птиц сердечный толчок ощущается при пальпации боковых частей грудной кости, почти одинаково с обеих сторон.

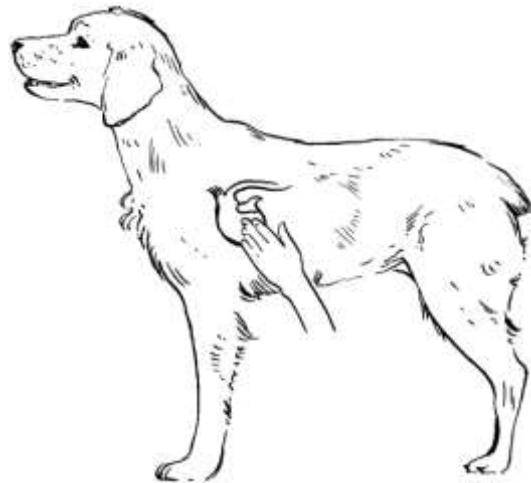


Рисунок 58 – Подсчет сердечных толчков

Перкуссия сердечной области

Перкуссию (выстукивание) проводят для определения границ сердца, по которым можно получить представление о его величине, форме и положении в грудной клетке, а также с целью установления чувствительности сердца и характера перкуторного звука.

При перкуссии обнаруживают относительную и абсолютную сердечную тупость или сердечное притупление.

Относительную сердечную тупость отмечают при перкуссии той части сердца, которая прилегает к грудной стенке и прикрыта легкими. Здесь обнаруживают *притупленный звук*. Границы относительной сердечной тупости являются истинными границами сердца.

Абсолютная сердечная тупость соответствует той части сердца, которая прилегает к грудной стенке на месте сердечной вырезки легкого. При перкуссии данного участка выявляют *тупой звук*. Абсолютную тупость в норме регистрируют у лошадей и собак; у других видов животных ее не обнаруживают.

Перкуссию проводят в тишине при отведенной вперед грудной конечности по межреберным промежуткам сверху вниз (*рис. 59, 60*). У крупных животных для перкуссии применяют молоточек и плессиметр (пластиночку). У мелких животных перкуссию осуществляют пальцем по пальцу (*рис. 61*).

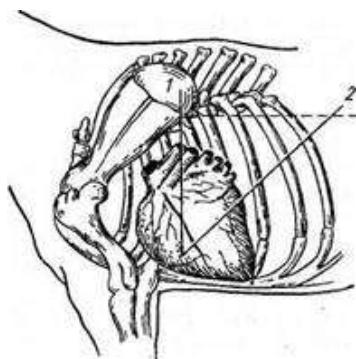


Рисунок 59 – Перкуссия сердца:

1 – по линии плечевого сустава; 2 – от локтевого отростка к маклому

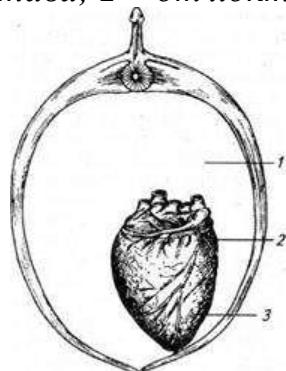


Рисунок 60 – Места наилучшей слышимости звуков при перкуссии:

1 – ясного легочного; 2 – притупленного; 3 – тупого



Рисунок 61 – Правильное положение рук при перкуссии пальцем по пальцу

У крупного рогатого скота верхняя граница относительной тупости сердца слева в норме доходит до уровня плечевого сустава, а задняя достигает 5-го ребра. Зона сердечного притупления – в 3–4-м межреберьях. Справа сердечное притупление при перкуссии не обнаруживают.

У мелкого рогатого скота верхняя граница относительной сердечной тупости расположена немного ниже линии плечевого сустава, задняя – у переднего края 5-го ребра и передняя – в 3-м межреберье.

У лошадей верхняя граница относительной тупости сердца в норме находится слева немного ниже (на 2–3 см) линии плечевого сустава, а задняя доходит до 6-го ребра.

У свиней верхняя граница относительной тупости сердца доходит до уровня плечевого сустава, а задняя – до 5-го ребра.

Аускультация сердца

Работа сердца сопровождается звуковыми явлениями, которые называются **тонами сердца**. Для их исследования применяют метод **аусcultации** (*выслушивания*). Тоны сердца можно выслушать, если приложить ухо к грудной клетке. При каждом сокращении сердца сначала слышен более протяжный низкий звук – это **1-й тон сердца (систолический)**; за ним следует более высокий короткий звук – это **2-й тон сердца (диастолический)**. После этого наступает пауза, а затем снова повторяются сердечные тоны.

Систолический тон возникает в начале систолы желудочков в результате колебания створок атриовентрикулярных клапанов и сокращения мышц сердца. *Диастолический тон* слышен в начале диастолы желудочков в результате захлопывания полуулунных клапанов сердца, когда давление в них становится ниже, чем в аорте и легочной артерии (рис. 62).

При нарушении работы сердца слышны не тоны, а шумы.

При помощи специальных микрофонов и регистрирующей аппаратуры можно записать отдельные колебания, из которых состоят тоны сердца. Такая запись называется *фонокардиограммой*. Она позволяет регистрировать тоны сердца и исследовать временные соотношения между ними.

- Различают 2 вида аускультации сердца:

- 1) **непосредственная аускультация** – проводится путем прикладывания левого уха (через простынку) к заднему верхнему краю левой грудной конечности;
- 2) **посредственная аускультация** – осуществляется с помощью фонендоскопа. Исследование проводят в полной тишине.

У лошади систолический тон слышен в 5-м межреберье слева, диастолический тон – в 4-м межреберье слева на 2–3 см ниже лопатко-плечевого сустава.

У крупного и мелкого рогатого скота систолический тон слышен в 4-м межреберье на уровне нижней трети грудной клетки, а диастолический тон – на 2–3 см ниже лопатко-плечевого сустава.

Исследование тонов проводят в состоянии покоя, а затем после небольшой пробежки животного, обращая внимание на силу, ритм, частоту и посторонние шумы.

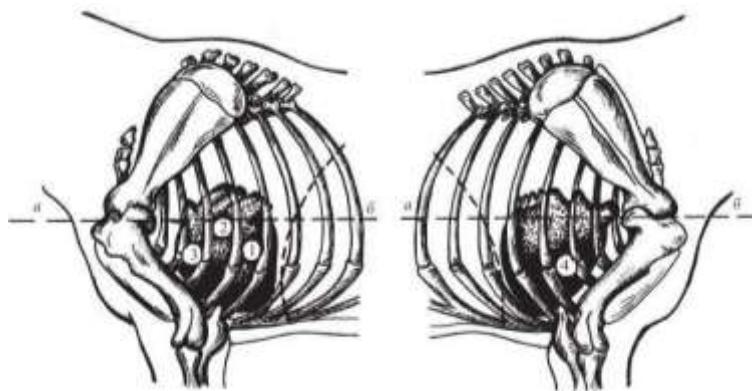


Рисунок 62 – Места наилучшей слышимости (слева и справа) сердечных тонов у лошади: 1 – левое атриовентрикулярное отверстие; 2 – аортальное отверстие; 3 – отверстие легочной артерии; 4 – правое атриовентрикулярное отверстие; а–б – линия лопаточно-плечевого сустава

Исследование пульса

Пульс – это ритмические колебания стенки артерии, возникающие при каждой систоле сердца.

Скорость распространения пульсовой волны от центра к периферии зависит от растяжимости сосуда. Чем больше растяжимость, тем меньше скорость. Скорость пульсовой волны увеличивается при повышении кровяного давления. По мере удаления от сердца скорость пульсовой волны уменьшается.

- При исследовании пульса оценивают следующие показатели:
- 1) **частота пульса** – число толчков пульса в минуту. Указывает на частоту сердечных сокращений. Пульс бывает *частый (тахикардия)* и *редкий (брадикардия)*;
 - 2) **ритм пульса** – показатель, о котором судят по равномерности промежутков между пульсовыми ударами. Пульс бывает *ритмичный и аритмичный*;
 - 3) **быстрота пульса** – показатель, о котором судят по скорости подъема и падения пульсовой волны. Пульс бывает *быстрый и медленный*. Быстрота пульса зависит от состояния клапанов сердца и эластичности стенок сосудов (ускоряется при падении эластичности);
 - 4) **наполнение** – показатель, о котором судят по амплитуде пульсовой волны. Это свойство зависит от объема крови;
 - 5) **напряжение пульса** – показатель, о котором судят по силе, с которой нужно сдавить артерию, чтобы пульс исчез. Напряжение пульса зависит от кровяного давления. Различают пульс *твёрдый и мягкий*.

Исследование пульса проводят методом *пальпации* поверхностных артерий двумя-тремя пальцами.

У лошади пульс пальпируют на наружной челюстной артерии (рис. 63).

У крупного рогатого скота – на наружной челюстной артерии, на хвостовой артерии и бедренной артерии.

У мелкого рогатого скота, собак и пушиных зверей – на бедренной артерии в паховой области (рис. 63).

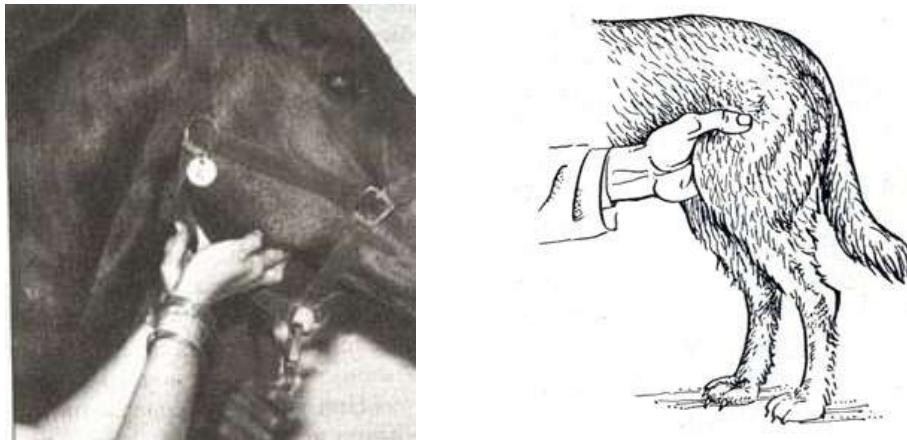


Рисунок 63 – Подсчет пульса

4.2. Запись электрокардиограммы (ЭКГ) и ее анализ

Электрокардиография – это запись биотоков сердца, возникающих в результате разности потенциалов между возбужденным и невозбужденным участками сердца.

Прибор, с помощью которого регистрируют биотоки сердца, называется **электрокардиограф** (рис. 64).

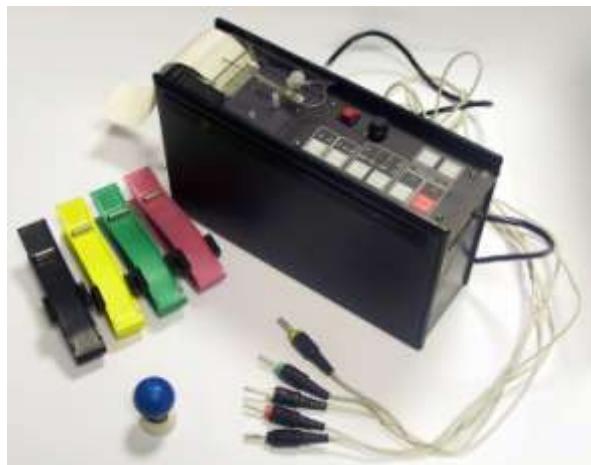


Рисунок 64 – Электрокардиограф ЭК1Т-05-ACK «Малыш»

Схема подсоединения электродов называется *отведением*.

- Для записи электрокардиограммы (ЭКГ) используют 3 отведения:

I отведение – от правой и левой пястей;

II отведение – от правой пясти и левой плюсны;

III отведение – от левой пясти и левой плюсны.

ЭКГ животных состоит из отдельных зубцов, обозначаемых буквами **P, Q, R, S, T** и интервалов между ними (*рис. 65*).

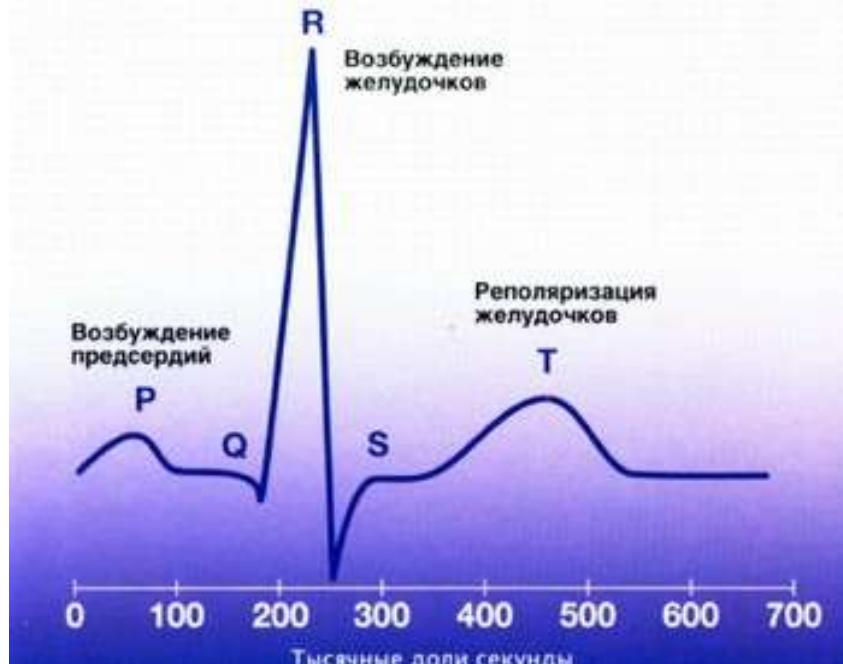


Рисунок 65 – Схема Электрокардиограммы

Зубец **P** – характеризует возбуждение правого и левого предсердий.

Зубец **Q** – характеризует возбуждение межжелудочковой перегородки, верхушки левого и основания правого желудочков.

Зубец **R** – это процесс постепенного возбуждения желудочков.

Зубец **S** – это максимум возбуждения желудочков.

Зубец **T** – характеризует потенциал покоя желудочков.

Период **PQ** – это период сокращения предсердий.

Период **QRST** – это период сокращения желудочков сердца. Он состоит из периода **QRS** – максимального напряжения (опорожнения) желудочков и периода **ST** – остаточного опорожнения желудочков.

Период **PT** – это систола сердца.

Период **TP** – это диастола сердца.

Период **PP (RR)** – один полный сердечный цикл (*рис. 66*).

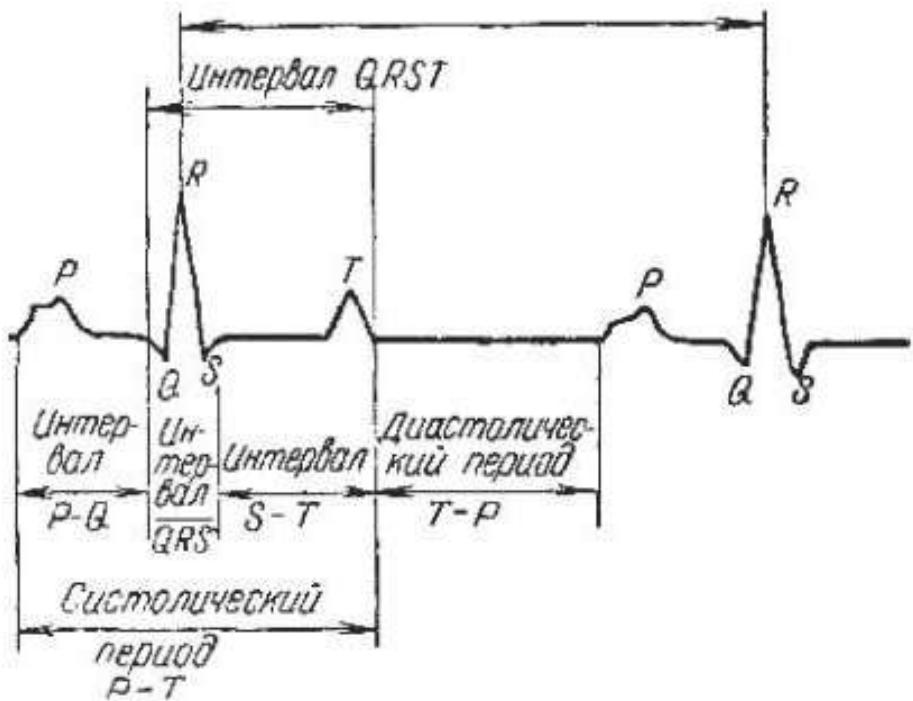


Рисунок 66 – Схема нормальной электрокардиограммы лошади

Анализ ЭКГ проводится в основном по II отведению, а I и III отведения имеют вспомогательный характер, по ним можно судить о положении сердца в грудной клетке.

ЭКГ используют для контроля за состоянием сердечно-сосудистой системы животных при тренинге, при изучении влияния на организм микроклимата, условий выращивания; по ЭКГ можно оценить продуктивные качества животных.

Цель работы: записать ЭКГ и провести ее анализ.

Материалы и оборудование: электрокардиограф, 0,9 %-й раствор хлорида натрия, спирт, марлевые салфетки.

Ход работы: в местах наложения электродов выстригают шерсть, кожу обезжирают спиртом, чтобы обеспечить хороший электрический контакт. Между электродами и кожей помещают марлю, смоченную 0,9 %-м раствором хлорида натрия, и подсоединяют электроды согласно определенной схеме: красный – правая пясть, желтый – левая пясть, зеленый – левая плюсна, черный – правая плюсна.

Устанавливают необходимую скорость движения ленты (25 или 50 мм/с). Ставят ручку переключателя отведений в положение I (первое отведение) и производят запись ЭКГ. Затем повторяют те же операции в положениях II и III (второе и третье отведение) (рис. 67, 68).



Рисунок 67 – Запись ЭКГ у собаки

Расчет длительности интервалов и зубцов проводится по формуле

$$T = M \div B,$$

где T – длительность интервала или зубца, с; M – продолжительность интервала или зубца, мм; B – скорость движения ленты, мм /с.

По длительности одного полного сердечного цикла (RR) можно рассчитать частоту сердечных сокращений (ЧСС) в минуту по формуле

$$\text{ЧСС} = 60 \div \text{RR}.$$

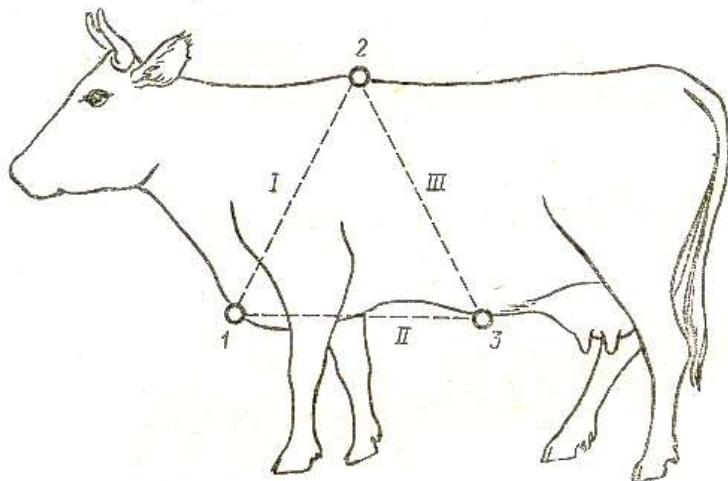


Рисунок 68 – Схема присоединения электродов при регистрации сагиттальных отведений электрокардиограммы:

1 – электрод, накладываемый на краинальный конец грудины (с красным наконечником); 2 – электрод, накладываемый на холку (с желтым наконечником); 3 – электрод, накладываемый на область пупка;
I – первое отведение; II – второе отведение; III – третье отведение

- Таким образом, по ЭКГ можно определить:
 - 1) время сокращения каждого отдела сердца;
 - 2) частоту сердечных сокращений;
 - 3) ритм работы сердца;
 - 4) силу сокращения каждого отдела сердца по высоте зубцов;
 - 5) различные патологические явления.

4.3. Измерение кровяного давления

В кровеносных сосудах кровь находится под определенным давлением.

Кровяное давление – это давление крови на стенки кровеносных сосудов и камер сердца, возникающее в результате сокращения сердца, нагнетающего кровь в сосудистую систему, и сопротивления сосудов.

Величина кровяного давления зависит от объема крови, поступающей из сердца при систоле, и от сопротивления току крови в сосудах. Артериальное давление колеблется в зависимости от фаз сердечного цикла. В период систолы оно повышается – это ***максимальное (систолическое) давление***, в период диастолы снижается – это ***минимальное (диастолическое) давление***. Разность между систолическим и диастолическим давлением называется ***пульсовым давлением (пульсовой разностью)***. Пульсовое давление наиболее велико в артериях, находящихся близко к сердцу. Падение кровяного давления по мере удаления артерий от сердца обусловливается тем, что часть энергии затрачивается на преодоление сопротивления оттоку вязкой крови через мелкие кровеносные сосуды. Разница давления между артериями и венами создается нагнетательной деятельностью сердца в аортальную систему и всасывающей функцией из венозной системы. Эта разница давления в артериях и венах обеспечивает ток крови по сосудам.

Кровяное давление снижается в ряду:

аорта (150–180 мм рт. ст.) → артерии (100–120 мм рт. ст.) → артериолы (70–80 мм рт. ст.) → капилляры (20–40 мм рт. ст.) → венулы (15–20 мм рт. ст.) → вены (10–15 мм рт. ст.) → полые вены (0 мм рт. ст., т. е. равняется атмосферному, или отрицательное).

• Кровяное давление зависит от следующих факторов:

- 1) вдоха и выдоха. При вдохе давление снижается, при выдохе повышается;

- 2) работа сердца. Учащение сердечного ритма вызывает повышение кровяного давления, а угнетение сердечной деятельности снижает кровяное давление;
- 3) сопротивление в кровеносной системе. При увеличении сопротивления кровяное давление повышается (при сужении сосудов) и уменьшается при расширении просвета сосудов;
- 4) объем притекающей к сердцу крови. Увеличение объема крови способствует повышению кровяного давления в результате увеличения силы сердечных сокращений (например, при мышечной нагрузке);
- 5) вязкость крови. Чем больше вязкость крови, тем выше кровяное давление;
- 6) тонус (напряжение) кровеносных сосудов. Чем выше тонус сосудов, тем выше кровяное давление;
- 7) фаза сердечного цикла. Во время систолы желудочков давление поднимается, во время диастолы – понижается;
- 8) количество крови, циркулирующей в сосудистом русле. Увеличение количества крови вызывает повышение кровяного давления, а уменьшение количества крови (например, при кровотечении) вызывает его падение;
- 9) возраст. С возрастом кровяное давление повышается, что связано с потерей эластичности кровеносных сосудов;
- 10) температура окружающей среды. Снижение температуры воздуха сопровождается повышением кровяного давления в результате сужения сосудов кожи;
- 11) вид животного;
- 12) пород животного;
- 13) пол животного;
- 14) масса животного. У мелких животных давление выше;
- 15) физиологическое состояние животного (беременность, лактация, степень тренированности);
- 16) продуктивность животного. У высокопродуктивных животных с высоким уровнем обмена веществ кровяное давление выше;
- 17) характер работы. При физической нагрузке кровяное давление выше за счет усиления работы сердца;
- 18) время суток. Ночью кровяное давление ниже, чем днем;
- 19) состояние нервной системы (эмоциональное состояние).

Таким образом, все, что усиливает работу сердца или ведет к сужению сосудов, повышает кровяное давление.

Скорость кровотока – это расстояние, которое проходит частица крови за секунду. Самая большая скорость кровотока – в аорте. По мере разветвления сосудов скорость кровотока падает и самая низкая становится в капиллярах.

Скорость кровотока не зависит от удаления сосудов от сердца, а обусловлена площадью поперечного сечения сосудов и объемом крови, проходящей по ним. Чем больше общий диаметр кровеносных сосудов, тем медленнее движется кровь. Поэтому скорость кровотока больше в крупных сосудах и меньше – в мелких.

Минутный объем кровотока – количество крови, выбрасываемой желудочками сердца в минуту.

Систолический объем кровотока – количество крови, определяемое путем деления минутного объема на число сокращений сердца в минуту.

Систолический и минутный объемы увеличиваются при напряженной работе.

В разных сосудах кровяное давление различно, поэтому различают **артериальное, венозное и капиллярное давление**.

Наиболее важным физиологическим показателем состояния кровеносной системы является величина артериального давления. Оно измеряется в мм рт. ст.

• При измерении артериального давления применяют 2 метода:

- 1) **прямой (кровавый) метод** – в артерию вводят иглу и соединяют ее с манометром;
- 2) **непрямой (косвенный) метод** – заключается в том, что на конечность или корень хвоста накладывают манжету, соединенную с резиновой грушей для накачивания воздуха и тонометром. При нагнетании воздуха в манжету артерия сдавливается и кровоток в ней прекращается. Тонометр при этом показывает максимальное (систолическое) давление. Когда воздух из манжеты выпускают, кровоток начинает восстанавливаться, и в сосуде ниже манжеты прослушиваются звуки. Прекращение звуков в артерии соответствует минимальному (диастолическому) давлению.

У лошадей и крупного рогатого скота артериальное давление измеряют на хвостовой артерии, у свиней и собак – на бедренной артерии (рис. 69, табл. 7).



Рисунок 69 – Измерение артериального давления у животных

Цель работы: овладеть методами измерения артериального давления у человека.

Материалы и оборудование: тонометр, фонендоскоп.

Ход работы: измерение артериального давления у человека производится по методу Короткова. Манжету тонометра накладывают вокруг плеча и устанавливают фонендоскоп на плечевой артерии ниже манжеты в области локтевого сгиба (рис. 70). Затем нагнетают в манжету воздух до исчезновения пульса. При помощи винтового клапана медленно снижают давление в манжете и выслушивают звуки. Момент появления звуков соответствует систолическому давлению. При дальнейшем снижении давления в манжете звуки усиливаются, а затем исчезают. Показание тонометра в этот момент соответствует диастолическому давлению.



Рисунок 70 – Измерение артериального давления у человека

**Таблица 7 – Артериальное давление (в мм ртутного столба)
у животных**

Вид животного	Артериальное давление, мм рт. ст.		
	максимальное	минимальное	пульсовое
Крупный рогатый скот	110–140	30–50	80–90
Мелкий рогатый скот	100–120	50–65	50–55
Лошадь	110–120	35–55	65–75
Свинья	135–155	45–55	90–100
Собака	120–140	30–40	90–100
Птица	160–200	100–130	60–70

Контрольные вопросы по теме «Физиология системы крови»

1. Общие правила при взятии крови.
2. Техника получения крови у разных видов животных.
3. Что такое плазма, сыворотка, дефибринированная кровь и методы их получения?
4. Какова реакция крови у здорового животного: кислая, щелочная или нейтральная?
5. Как подразделяются белки плазмы крови по физико-химическим свойствам и функциям?
6. Реакция крови, буферные системы.
7. Метод определения СОЭ, величины СОЭ для различных животных.
8. Укажите особенности и функции эритроцитов.
9. Чем отличаются эритроциты животных и птиц?
10. Способен ли эритроцит к самостоятельному движению?
11. По изменению размеров эритроцита определите, в какой пробирке изотонический, гипертонический, гипотонический растворы.
12. Гемоглобин, его строение и функции.
13. Охарактеризуйте основные методы определения количества гемоглобина.
14. При каких условиях образуется оксигемоглобин и восстановительный гемоглобин?
15. Какие соединения гемоглобина не способны переносить O₂?
16. Что такое гемолиз и касается ли это явление лейкоцитов?
17. Назовите виды гемолиза и вызывающие их причины.

18. Перечислите факторы, вызывающие биологический гемолиз, и укажите его механизм.
19. В чем заключается основная функция лейкоцитов?
20. На какие группы разделяются лейкоциты по окраске гранул?
21. На какие виды делятся гранулоциты по форме ядра?
22. Виды лейкоцитов и их характеристика.
23. В чем заключается основная функция эозинофилов?
24. Каковы функциональные отличия моноцитов от лимфоцитов?
25. Методика выведения лейкоцитарной формулы.
26. Укажите морфологические различия тромбоцитов у млекопитающих и птиц.
27. Принимают ли тромбоциты участие в защитных функциях крови?
28. Укажите общие функции тромбоцитов и лейкоцитов.
29. Общие правила подсчета форменных элементов в камере Горяева.
30. Подсчет эритроцитов и их функции.
31. Подсчет лейкоцитов, их виды и функции.
32. Чем отличается плазма от сыворотки крови?
33. В какой части крови содержатся агглютиногены и агглютинины?
34. Возможно ли наличие одноименных агглютиногенов и агглютинов в крови одного и того же человека?
35. Сыворотка каких групп крови совершенно необходима для определения групп крови по системе АВ0?
36. Почему нельзя переливать резус-отрицательную кровь резус-положительному человеку?
37. Общая характеристика групп крови человека.
38. Метод определения групп крови у человека.
39. Как определяется совместимость крови у животных?
40. Резус-фактор и метод его определения.

Тест «Физиология системы крови»

1. Вязкость крови обусловлена наличием в ней:

- а) эритроцитов и белков;
- б) минеральных солей;
- в) безазотистых веществ;
- г) лейкоцитов и тромбоцитов.

2. Осмотическое давление крови зависит от содержания:

- а) альбуминов;

- б) глобулинов;
- в) эритроцитов;
- г) минеральных веществ.

3. Концентрация минеральных веществ в крови млекопитающих составляет:

- а) 0,1 %;
- б) 0,5 %;
- в) 0,9 %;
- г) 3 %.

4. Осмотическое давление белков плазмы крови называется:

- а) онкотическим;
- б) парциальным;
- в) кровяным;
- г) диффузионным.

5. Самой мощной буферной системой крови является:

- а) гемоглобиновая;
- б) карбонатная;
- в) фосфатная;
- г) белковая.

6. Разрушение оболочки эритроцитов и выход из них гемоглобина:

- а) гемолиз;
- б) плазмолиз;
- в) фибринолиз;
- г) электролиз.

7. При разрушении оболочки эритроцита хлороформом наблюдается гемолиз:

- а) физический;
- б) химический;
- в) биологический;
- г) осмотический.

8. При сильном встряхивании крови наступает гемолиз:

- а) осмотический;
- б) биологический;

- в) механический;
- г) химический.

9. С эритроцитами в воде или гипотонических растворах происходит гемолиз:

- а) физический;
- б) химический;
- в) биологический;
- г) осмотический.

10. При переливании крови может возникнуть гемолиз:

- а) физический;
- б) химический;
- в) биологический;
- г) осмотический.

11. Сила, вызывающая передвижение воды из менее к более концентрированному раствору солей:

- а) диффузия;
- б) онкотическое давление;
- в) парциальное давление;
- г) артериальное давление;
- д) осмотическое давление.

12. Растворы, концентрация минеральных веществ в которых равна концентрации их в плазме крови:

- а) изотонические;
- б) гипотонические;
- в) гипертонические;
- г) онкотические;
- д) солевые.

13. Растворы, концентрация минеральных веществ в которых меньше, чем их концентрация в плазме крови:

- а) гипертонические;
- б) изотонические;
- в) солевые;
- г) гипотонические;
- д) физиологические.

14. Растворы, концентрация минеральных веществ в которых больше, чем их концентрация в плазме крови:

- а) изотонические;
- б) солевые;
- в) гипертонические;
- г) физиологические;
- д) гипотонические.

15. Происходит набухание эритроцитов и их гемолиз в растворе:

- а) изотоническом;
- б) гипотоническом;
- в) физиологическом;
- г) гипертоническом;
- д) Рингера.

16. В гипертоническом растворе наступают следующие изменения в эритроцитах:

- а) гемолизируются;
- б) набухают;
- в) сморщиваются;
- г) набухают и лопаются;
- д) не изменяются.

17. Виды гемолиза, наблюдаемые при действии гипотонических растворов:

- а) осмотический;
- б) химический;
- в) биологический;
- г) физический;
- д) температурный.

18. Осмотическое давление крови теплокровных животных отвечает следующей концентрации хлористого натрия:

- а) 0,6 %;
- б) 0,1 %;
- в) 0,9 %;
- г) 2 %;
- д) 7 %.

19. Углекислый газ в эритроцитах связывается с гемоглобином в соединение:

- а) оксигемоглобин;
- б) метгемоглобин;
- в) карбогемоглобин;
- г) карбоксигемоглобин;
- д) миоглобин.

20. Соединение гемоглобина с угарным газом называется:

- а) оксигемоглобин;
- б) метгемоглобин;
- в) карбогемоглобин;
- г) карбоксигемоглобин;
- д) миоглобин.

21. Метгемоглобин содержит железо:

- а) двухвалентное;
- б) трехвалентное;
- в) четырехвалентное;
- г) переменная валентность.

22. При действии на гемоглобин сильных окислителей он превращается:

- а) в оксигемоглобин;
- б) карбоксигемоглобин;
- в) миоглобин;
- г) метгемоглобин.

23. Железо находится в гемоглобине в ... форме:

- а) двухвалентной;
- б) трехвалентной;
- в) четырехвалентной;
- г) шестивалентной.

24. Соединение гемоглобина с атомарным кислородом:

- а) метгемоглобин;
- б) оксигемоглобин;
- в) карбогемоглобин;
- г) карбоксигемоглобин.

25. Кровь, из которой удален белок фибрин:

- а) плазма;
- б) дефибринированная кровь;
- в) стабилизированная кровь;
- г) сыворотка.

26. Кровь без форменных элементов и белка фибрина:

- а) плазма;
- б) цитратная кровь;
- в) оксалатная кровь;
- г) сыворотка;
- д) стабилизированная кровь.

27. Кровь без форменных элементов:

- а) плазма;
- б) цитратная кровь;
- в) оксалатная кровь;
- г) сыворотка;
- д) цельная кровь.

28. Плазмой крови называют кровь, лишенную:

- а) форменных элементов;
- б) фибриногена;
- в) солей кальция;
- г) альбуминов;
- д) глобулинов.

29. Сывороткой крови называют плазму, лишенную:

- а) форменных элементов;
- б) фибриногена;
- в) солей кальция;
- г) альбуминов и глобулинов;
- д) фибрина.

30. Кровь, находящаяся в кровеносных сосудах:

- а) депонированная;
- б) стабилизированная;
- в) циркулирующая;
- г) цельная;
- д) цитратная.

31. Кровь, находящаяся в печени, коже, селезенке:

- а) цельная;
- б) депонированная;
- в) циркулирующая;
- г) цитратная;
- д) стабилизированная.

32. Значительное и стойкое повышение числа лейкоцитов:

- а) лейкограмма;
- б) лейкоцитоз;
- в) лейкоцитарная формула;
- г) лейкопения;
- д) лейкопоэз.

33. Значительное и стойкое уменьшение числа лейкоцитов:

- а) лейкопоэз;
- б) лейкоцитоз;
- в) лейкограмма;
- г) лейкопения;
- д) лейкоцитарная формула.

34. Уменьшение количества тромбоцитов в периферической крови:

- а) тромбоцитоз;
- б) тромбоцитопения;
- в) тромбопения;
- г) тромбоэмболия.

35. Продолжительность жизни эритроцитов в среднем составляет:

- а) 100 дней;
- б) 9 дней;
- в) 5 дней;
- г) несколько часов;
- д) годы.

36. Продолжительность жизни лейкоцитов в среднем:

- а) 100 дней;
- б) 3–4 дня;
- в) годы;
- г) 45–120 дней;
- д) 8–10 дней.

37. Продолжительность жизни тромбоцитов составляет:

- а) 1–2 дня;
- б) 100–120 дней;
- в) несколько часов;
- г) 3–5 дней;
- д) 8–10 дней.

38. Количество гемоглобина определяют при помощи:

- а) счетной камеры;
- б) аппарата Панченкова;
- в) меланжера;
- г) гемометра Сали;
- д) оксигемометра.

39. Основную массу клеток крови составляют:

- а) тромбоциты;
- б) лимфоциты;
- в) эритроциты;
- г) нейтрофилы;
- д) лейкоциты.

40. Скорость оседания эритроцитов определяется при помощи:

- а) аппарата Панченкова;
- б) счетной камеры;
- в) гемометра Сали;
- г) меланжера;
- д) оксигемометра.

41. Предотвращение свертывания крови при определении СОЭ:

- а) охлаждение крови;
- б) центрифугирование;
- в) смешивание с раствором цитрата (лимоннокислого) натрия;
- г) добавление гепарина.

42. Вид лейкоцитов, обладающий хорошо выраженными анти-токсическими свойствами:

- а) базофилы;
- б) эозинофилы;
- в) нейтрофилы;
- г) моноциты.

43. Кровь имеет рН:

- а) слабощелочную;
- б) щелочную;
- в) слабокислотную;
- г) нейтральную.

44. Кровь. Все верно, кроме:

- а) жидкая ткань внутренней среды организма;
- б) состоит из плазмы и форменных элементов;
- в) форменные элементы представляют межклеточное вещество;
- г) кровь циркулирует в замкнутой системе сосудов.

45. Эритроциты млекопитающих. Все верно, кроме:

- а) цитоплазма содержит гемоглобин;
- б) оболочка эритроцитов обладает избирательной проницаемостью;
- в) образуют нестойкие соединения с O_2 и CO_2 ;
- г) ядра имеют овальную форму.

46. Самой важной функцией эритроцитов является транспорт:

- а) питательных веществ;
- б) углекислоты;
- в) кислорода;
- г) ферментов;
- д) БАВ.

47. К незернистым лейкоцитам относятся:

- а) лимфоциты и гистиоциты;
- б) моноциты и нейтрофилы;
- в) лимфоциты и моноциты;
- г) эозинофилы и базофилы.

48. К зернистым лейкоцитам относятся:

- а) нейтрофилы, гистиоциты и эозинофилы;
- б) моноциты, нейтрофилы и базофилы;
- в) лимфоциты, моноциты и эозинофилы;
- г) эозинофилы, базофилы и нейтрофилы.

49. К клеточным элементам крови не относятся:

- а) ретикулярные клетки;
- б) эритроциты;
- в) моноциты;
- г) лимфоциты.

50. Лейкоциты. Все верно, кроме:

- а) способны к движению;
- б) являются безъядерными клетками округлой формы;
- в) участвуют в защитных реакциях организма;
- г) подразделяются на гранулоциты и агранулоциты.

51. Лейкоциты крови. Все верно, кроме:

- а) участвуют в процессах иммунитета;
- б) способны к фагоцитозу;
- в) активно перемещаются;
- г) синтезируют коллаген.

52. Тромбоциты крови отвечают:

- а) за клеточный иммунитет;
- б) фагоцитоз;
- в) аллергические реакции;
- г) свертываемость крови.

53. Относительное постоянство реакции крови поддерживается:

- а) различными солями;
- б) белками;
- в) буферными системами;
- г) гемоглобином.

54. Для подсчета лейкоцитов кровь разводят:

- а) метиленовой синькой;
- б) подкрашенной уксусной кислотой;
- в) подкрашенным физиологическим раствором;
- г) гипертоническим раствором.

55. СОЭ зависит:

- а) от свойств эритроцитов;
- б) количества плазмы;
- в) количества лейкоцитов;
- г) количества глобулинов.

56. Один большой квадрат сетки Горяева разделен:

- а) на 4 квадрата;
- б) 20 квадратиков;
- в) 80 квадратиков;
- г) 10 квадратиков;
- д) 16 квадратиков.

57. Сетка Горяева имеет следующее количество больших квадратов:

- а) 225;
- б) 80;
- в) 16;
- г) 5;
- д) 100.

58. Базофилы выполняют функции:

- а) вырабатывают гепарин и гистамин;
- б) фагоцитоз;
- в) участвуют в иммунитете;
- г) участвуют в аллергических реакциях.

59. Вещества, препятствующие свертыванию крови:

- а) гемопоэтины;
- б) коагулянты;
- в) антитела;
- г) антикоагулянты.

60. Раствор, при добавлении которого можно предотвратить свертывание крови:

- а) лимоннокислый натрий;
- б) хлорид натрия;
- в) глюкоза;
- г) хлорид калия.

61. Служат строительным материалом для первичного тромба клетки крови:

- а) эритроциты;
- б) тромбоциты;
- в) базофилы;
- г) лимфоциты.

62. Лейкоцитарной формулой называют процентное соотношение:

- а) разных форм лейкоцитов;
- б) форменных элементов крови;
- в) зернистых и незернистых лейкоцитов;
- г) различных видов лимфоцитов.

63. В плазме крови содержатся:

- а) агглютиногены;
- б) антигены;
- в) агглютинины и агглютиногены;
- г) агглютинины.

64. В эритроцитах содержатся:

- а) агглютинины;
- б) агглютиногены;
- в) антитела;
- г) агглютинины и агглютиногены.

65. В первой группе крови человека находятся:

- а) агглютиногены α и β ;
- б) агглютинины α и β ;
- в) агглютинин α ;
- г) агглютинин β .

66. В четвертой группе крови человека находятся:

- а) агглютиногены А и В;
- б) агглютинины А и В;
- в) агглютиноген А;
- г) агглютиноген В.

67. Резус-фактор находится:

- а) в печени;
- б) сыворотке;
- в) эритроцитах;
- г) плазме крови.

68. Универсальным реципиентом принято считать следующую группу крови:

- а) первую;

- б) вторую;
- в) третью;
- г) четвертую.

69. Универсальным донором считают следующую группу крови:

- а) вторую;
- б) четвертую;
- в) первую;
- г) третью.

70. При переливании одногруппной, но резус-несовместимой крови развивается:

- а) агглютинация тромбоцитов;
- б) агглютинация лейкоцитов;
- в) эритроцитоз;
- г) агглютинация эритроцитов.

Контрольные вопросы по теме «Физиология кровообращения»

1. Что такое сердечный цикл и из каких фаз он состоит?
2. В какой последовательности происходит заполнение полостей сердца кровью?
3. Как изменяется давление в полостях сердца, аорте, легочной артерии во время сердечного цикла?
4. Назовите клапаны сердца и их функции.
5. Какими свойствами обладает сердечная мышца?
6. Перечислите образования проводящей системы сердца.
7. Что называется автоматией сердца, как распределяется степень автоматии в разных отделах сердца?
8. Какое значение имеет рефрактерный период для функций сердца?
9. Что такое экстрасистола, какие различают виды экстрасистол и чем они характеризуются?
10. Что такое тоны сердца, каков механизм их возникновения?
11. Почему возникает сердечный толчок?
12. Как записывается электрокардиограмма у животных, из каких элементов состоит электрокардиограмма?
13. Как влияют блуждающий и симпатические нервы на деятельность сердца, механизм действия?

14. Какие гуморальные раздражители стимулируют работу сердца и какие тормозят?
15. За счет чего создается давление крови, величина давления в различных сосудах?
16. Какими методами измеряют кровяное давление?
17. Что такое артериальный пульс, какую он дает информацию о деятельности сердца и состоянии сосудистой системы?
18. Как влияют на тонус кровеносных сосудов симпатические и парасимпатические нервы?

Тест «Физиология кровообращения»

1. Способность сердца ритмически сокращаться без каких-либо внешних стимулов, под влиянием импульсов, возникающих в нем самом:

- а) возбудимость;
- б) проводимость;
- в) автоматия;
- г) сократимость;
- д) рефрактерность.

2. Свойство сердечной мышцы, характеризующееся способностью возбуждаться от различных раздражителей:

- а) автоматия;
- б) проводимость;
- в) возбудимость;
- г) сократимость;
- д) рефрактерность.

3. Свойство сердечной мышцы, характеризующееся проведением возбуждения:

- а) автоматия;
- б) возбудимость;
- в) проводимость;
- г) сократимость;
- д) рефрактерность.

4. Главным водителем ритма сердца является:

- а) атриовентрикулярный узел;

- б) пучок Гиса;
- в) волокна Пуркинье;
- г) ножки пучка Гиса;
- д) синусный узел.

5. Свойство сердечной мышцы, сопровождающееся укорочением длины мышечных волокон:

- а) автоматия;
- б) возбудимость;
- в) проводимость;
- г) сократимость;
- д) рефрактерность.

6. Неспособность сердечной мышцы отвечать второй вспышкой возбуждения на раздражение:

- а) автоматия;
- б) рефрактерность;
- в) проводимость;
- г) сократимость;
- д) возбудимость.

7. Компонент проводящей системы сердца, проводящий возбуждение от предсердий к желудочкам:

- а) атриовентрикулярный узел;
- б) пучок Гиса;
- в) волокна Пуркинье;
- г) синусный узел;
- д) ножки пучка Гиса.

8. Сокращение сердечной мышцы:

- а) сердечный цикл;
- б) диастола;
- в) фибрилляция;
- г) мерцание;
- д) систола.

9. Расслабление сердечной мышцы:

- а) сердечный цикл;
- б) диастола;

- в) фибрилляция;
- г) мерцание;
- д) систола.

10. По окончании систолы предсердий начинается:

- а) диастола желудочков;
- б) систола желудочков;
- в) систола левого желудочка;
- г) систола правого желудочка;
- д) общая пауза.

11. Количество крови, определяемое путем деления минутного объема на число сокращений сердца в минуту:

- а) систолический показатель;
- б) диастолический объем кровотока;
- в) минутный объем кровотока;
- г) систолический объем кровотока;
- д) сердечный выброс.

12. Количество крови, выбрасываемое желудочками сердца в 1 минуту:

- а) минутный индекс;
- б) систолический объем кровотока;
- в) систолический показатель;
- г) минутный объем кровотока;
- д) диастолический объем кровотока.

13. Сила сокращений сердечной мышцы прямо пропорционально зависит:

- а) от фазы рефрактерности;
- б) силы раздражителя;
- в) проводимости;
- г) длины мышечных волокон;
- д) фазы сердечного цикла.

14. Началом каждого сердечного цикла считается:

- а) диастола предсердий;
- б) систола желудочков;
- в) систола предсердий;

- г) общая пауза;
- д) диастола желудочков.

15. Началом каждого сердечного цикла является:

- а) систола левого желудочка;
- б) диастола правого желудочка;
- в) систола предсердий;
- г) систола желудочков;
- д) систола правого желудочка.

16. Освобождение полостей сердца от крови происходит во время:

- а) сердечной паузы;
- б) диастолы;
- в) сердечного толчка;
- г) трепетания;
- д) систолы.

17. Заполнение полостей сердца кровью происходит во время:

- а) сердечного толчка;
- б) сердечной паузы;
- в) диастолы;
- г) систолы;
- д) фибрилляции.

18. Правильные чередования систолы и диастолы сердца составляют:

- а) сердечный толчок;
- б) сердечный цикл;
- в) биопотенциалы;
- г) объем кровотока;
- д) тоны сердца.

19. При раздражении блуждающего нерва в сердце происходит:

- а) учащение биений;
- б) улучшение проведения возбуждения;
- в) ускорение ритма;
- г) повышение возбудимости;
- д) замедление ритма.

20. Раздражение симпатического нерва вызывает в сердце:

- а) замедление ритма;
- б) уменьшение силы сокращений;
- в) учащение биений;
- г) понижение возбудимости;
- д) остановку сердца.

21. Окончания симпатического нерва, иннервирующего сердце, выделяют:

- а) ацетилхолин;
- б) адреналин;
- в) норадреналин;
- г) тироксин;
- д) серотонин.

22. Окончания блуждающего нерва выделяют:

- а) ацетилхолин;
- б) адреналин;
- в) норадреналин;
- г) тироксин;
- д) серотонин.

23. Звуковые явления, сопровождающие работу сердца:

- а) сердечный цикл;
- б) биопотенциалы;
- в) тоны сердца;
- г) систолический объем кровотока;
- д) сердечный толчок.

24. Возникает в начале систолы желудочков, более протяжный и низкий тон:

- а) динамический;
- б) систолический;
- в) диастолический;
- г) минимальный;
- д) максимальный.

25. Сыщен в начале диастолы желудочков, более короткий и высокий тон:

- а) динамический;

- б) систолический;
- в) диастолический;
- г) максимальный;
- д) минимальный.

26. Тоны сердца можно выслушать с помощью:

- а) тонометра;
- б) сфигмоманометра;
- в) кардиографа;
- г) фонендоскопа;
- д) пневмографа.

27. I тон сердца возникает:

- а) при захлопывании полуулунных клапанов;
- б) колебании створок атриовентрикулярных клапанов;
- в) вибрации стенок желудочков из-за наполнения их кровью;
- г) устремлении крови из желудочков в предсердия.

28. II тон сердца возникает:

- а) при колебании створок атриовентрикулярных клапанов;
- б) вибрации стенок желудочков из-за наполнения их кровью;
- в) захлопывании полуулунных клапанов;
- г) устремлении крови из желудочков в предсердия.

29. Ритмические колебания стенок артериальных сосудов, возникающие при систоле сердца:

- а) венный пульс;
- б) скорость кровотока;
- в) пульсовое давление;
- г) артериальный пульс;
- д) давление крови.

30. Толчкообразные колебания сосудистых стенок, вызываемые сокращениями сердца:

- а) пульс;
- б) давление;
- в) тонус;
- г) биопотенциалы;
- д) тоны.

31. У крупного рогатого скота и лошадей пульс хорошо прощупывается:

- а) на хвостовой артерии;
- б) плечевой артерии;
- в) пальцевой артерии;
- г) сонной артерии;
- д) паховой артерии.

32. Исследование пульса проводят путем:

- а) аусcultации;
- б) визуальным;
- в) электрокардиографии;
- г) миографии;
- д) пальпации.

33. Сотрясение определенного участка передней стенки грудной клетки, обусловленное сокращением сердца, возникает в результате:

- а) сердечного цикла;
- б) сердечного выброса;
- в) сердечных тонов;
- г) сердечного толчка;
- д) биопотенциалов.

34. Уменьшение частоты сердечных сокращений:

- а) стенокардия;
- б) тахикардия;
- в) аритмия;
- г) ишемия;
- д) брадикардия.

35. Увеличение частоты сердечных сокращений:

- а) тахикардия;
- б) брадикардия;
- в) аритмия;
- г) ишемия;
- д) стенокардия.

36. Электрические явления в сердце, возникающие в результате разности потенциалов между возбужденным и невозбужденным участком сердца:

- а) биотоки сердца;
- б) тоны сердца;
- в) сердечный толчок;
- г) давление крови;
- д) минутный индекс.

37. Регистрация биотоков сердца проводится с помощью прибора:

- а) электрокардиографа;
- б) электроэнцефалографа;
- в) электромиографа;
- г) пневмографа;
- д) фонендоскопа.

38. Кривая, отражающая электрическую активность сердца:

- а) электрокардиограмма;
- б) электроокулограмма;
- в) электроретинограмма;
- г) электрокортикограмма;
- д) электроэнцефалограмма.

39. На ЭКГ период сокращения предсердий обозначается:

- а) PP;
- б) QRS;
- в) PQ;
- г) QRST;
- д) TP.

40. На ЭКГ период сокращения желудочков обозначается:

- а) PQ;
- б) TP;
- в) PP;
- г) QRS;
- д) QRST.

41. Продолжительность систолы предсердий в среднем составляет:

- а) 0,7 с;

- б) 0,4 с;
- в) 0,3 с;
- г) 0,8 с;
- д) 0,1 с.

42. Продолжительность систолы желудочков в среднем составляет:

- а) 0,7–0,8 с;
- б) 0,1 с;
- в) 0,4–0,5 с;
- г) 0,3–0,4 с;
- д) 0,5 с.

43. Подъем кровяного давления в артериях во время систолы соответствует давлению:

- а) пульсовому;
- б) диастолическому;
- в) систолическому;
- г) внутрисердечному;
- д) осмотическому.

44. Спад кровяного давления во время диастолы соответствует давлению:

- а) систолическому;
- б) пульсовому;
- в) артериальному;
- г) венозному;
- д) диастолическому.

45. Кровяное давление, возникающее в артериях во время систолы желудочков:

- а) пульсовое;
- б) минимальное;
- в) диастолическое;
- г) максимальное;
- д) кровяное.

46. Давление в артериях во время диастолы желудочков соответствует давлению:

- а) кровяному;

- б) максимальному;
- в) пульсовому;
- г) систолическому;
- д) минимальному.

47. Разность между систолическим и диастолическим давлением называется давлением:

- а) систолическим;
- б) пульсовым;
- в) внутрисердечным;
- г) диастолическим;
- д) артериальным.

48. Самое высокое артериальное давление:

- а) в венулах;
- б) артериях;
- в) капиллярах;
- г) аорте;
- д) венах.

49. Давление крови измеряют при помощи прибора:

- а) фонендоскопа;
- б) тонометра;
- в) пульсокардиографа;
- г) кардиографа;
- д) спирографа.

50. Падение артериального давления происходит:

- а) при снижении минутного объема крови;
- б) физической работе;
- в) понижении температуры воздуха;
- г) старении организма;
- д) сужении просвета сосудов.

51. Артериальное давление может снизиться:

- а) при физической работе;
- б) снижении тонуса кровеносных сосудов;
- в) понижении температуры воздуха;
- г) старении организма;
- д) сужении просвета сосудов.

52. Повышение давления крови может произойти:

- а) при уменьшении возврата крови к сердцу;
- б) физической работе;
- в) снижении минутного объема крови;
- г) расширении сосудов;
- д) повышении температуры воздуха.

53. Давление повышается:

- а) при уменьшении возврата крови к сердцу;
- б) понижении вязкости крови;
- в) расширении сосудов;
- г) снижении минутного объема крови;
- д) сужении просвета сосудов.

54. Давление крови может быть ниже атмосферного:

- а) в аорте;
- б) полых венах;
- в) артериях;
- г) венулах;
- д) капиллярах.

55. Самая низкая скорость кровотока:

- а) в аорте;
- б) венах;
- в) полых венах;
- г) капиллярах;
- д) артериях.

56. Самая высокая скорость кровотока:

- а) в аорте;
- б) венах;
- в) полых венах;
- г) капиллярах;
- д) артериях.

Глава 3. СИСТЕМЫ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ И БРЮШНОЙ ПОЛОСТЕЙ

3.1. Физиология пищеварения

3.1.1. Сущность процесса пищеварения. Типы пищеварения

Пищеварение – это физиологический процесс, заключающийся в превращении питательных веществ корма из сложных химических соединений в более простые, доступные для усвоения организмом.

Содержащиеся в кормах белки, жиры и углеводы – это высокомолекулярные соединения, которые без предварительной подготовки не могут всасываться из пищеварительного канала в кровь и лимфу. В пищеварительном тракте они подвергаются физическим, химическим, биологическим воздействиям и превращаются в низкомолекулярные, растворимые в воде вещества.

- *Функции органов пищеварения:*

- 1) *секреторная* – выработка и выделение железистыми клетками пищеварительных соков (слюна, желудочный сок, желчь, кишечный сок). Пищеварительные соки смачивают корм и в результате наличия в них ферментов способствуют химическому превращению белков, жиров и углеводов;
- 2) *моторная (двигательная)* – измельчение пищи, перемешивание ее с пищеварительными соками и передвижение по отделам желудочно-кишечного тракта;
- 3) *всасывательная* – перенос конечных продуктов переваривания, воды, солей и витаминов через эпителий пищеварительного тракта в кровь и лимфу;
- 4) *выделятельная (экскреторная)* – выделение из организма продуктов обмена веществ (мочевина, мочевая кислота, креатинин), воды, минеральных и лекарственных веществ;
- 5) *эндокринная* – синтез и выделение биологически активных веществ и гормонов;
- 6) *защитная* – защита организма от вредных веществ;
- 7) *рецепторная* – осуществление нервных связей за счет наличия в пищеварительном тракте рецепторов.

• В желудочно-кишечном тракте протекают следующие процессы:

- в *ротовой полости* – происходит захват пищи, ее первичная механическая и химическая обработка;
- в *пищеводе* – происходит проведение пищи;
- в *желудке и преджелудках* – происходит перетирание пищи и гидролиз питательных веществ;

- в *тонком кишечнике* – происходит гидролиз и всасывание питательных веществ, всасывание электролитов и частично воды;
- в *толстом кишечнике* – завершается пищеварительный процесс.

• Химическая переработка пищи обеспечивается 3 группами ферментов:

- 1) *амилолитические ферменты (амилазы)* – расщепляют углеводы;
- 2) *протеолитические ферменты (протеазы)* – расщепляют белки;
- 3) *липолитические ферменты (липазы)* – расщепляют жиры.

Ферменты являются ускорителями переваривания питательных веществ. Они вырабатываются клетками пищеварительных желез в основном в виде проферментов, не обладающих активностью, и становятся активными при воздействии физических и химических активаторов. Ферменты расщепляют углеводы до глюкозы, белки – до аминокислот, а жиры – до жирных кислот и глицерина.

• В зависимости от места протекания процессов гидролиза выделяют 3 типа пищеварения (рис. 71):

- 1) *полостное (внеклеточное) пищеварение* – характеризуется перевариванием питательных веществ под действием ферментов, выделяемых в полость пищеварительного тракта. Характерно для высших позвоночных животных;
- 2) *пристеночное (мембранные) пищеварение* – характеризуется перевариванием питательных веществ ферментами, расположенными на клеточной мембране, слизистой оболочке желудка и кишок;
- 3) *внутриклеточное пищеварение* – характерно для беспозвоночных животных, а также лейкоцитов млекопитающих. На мемbrane клетки есть специальные участки, из которых формируются фагоцитозные вакуоли. С их помощью одноклеточные организмы захватывают пищевой материал и переваривают его своими ферментами.

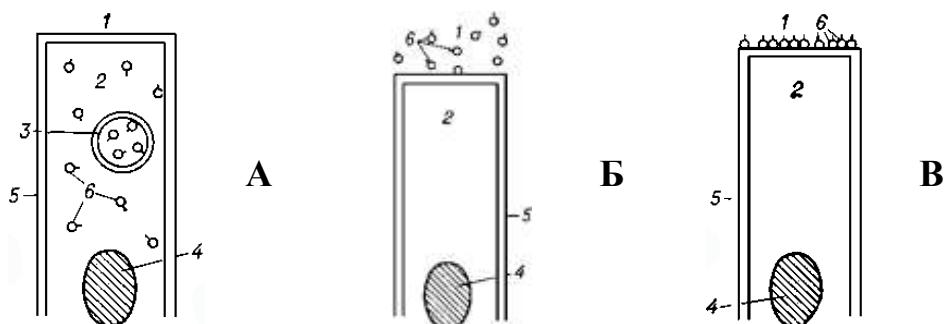


Рисунок 71 – Локализация гидролиза пищевых веществ:

А – при внутриклеточном пищеварении, Б – при внеклеточном (дистантном) пищеварении, В – при мембранным (пристеночном) пищеварении

1 – внеклеточная жидкость; 2 – внутриклеточная жидкость;

3 – внутриклеточная вакуоль; 4 – ядро; 5 – клеточная мембрана; 6 – ферменты

3.1.2. Ротовое пищеварение

- Пищеварение в полости рта состоит из 3 этапов:

- 1) *прием корма и жидкости;*
- 2) *с собственно ротовое пищеварение;*
- 3) *глотание.*

Животные захватывают корм губами, языком и зубами. В ротовой полости корм подвергается механической обработке в результате жевательных движений. Ротовое пищеварение происходит под действием слюны.

Слюна – это продукт секреции 3 пар слюнных желез: *подъязычных, подчелюстных и околоушиных*. Также в ротовую полость попадает секрет мелких пристенных желез: *губных, язычных, небных и щечных*.

Слюна – вязкая жидкость щелочной или слабощелочной реакции (рН 7,2–8,5), содержащая 98–99,5 % воды и 0,5–2 % сухих веществ.

Органические вещества слюны представлены в основном белками, особенно *муцином*. Из неорганических веществ в слюне присутствуют *хлориды, сульфаты, карбонаты кальция, натрия, калия, магния*. Слюна содержит также некоторые продукты обмена веществ: *CO₂, соли угольной кислоты, мочевину* и др. Вместе со слюной могут выделяться и лекарственные вещества.

В слюне имеются амилолитические ферменты – *α-амилаза* и *α-глюкозидаза*. *α*-Амилаза расщепляет крахмал до декстринов и мальтозы, *α*-глюкозидаза расщепляет мальтозу до глюкозы. Ферменты слюны активны только при температуре 37–40 °C и в слабощелочной среде.

- *Функции слюны:*

- слюна смачивает корм, разжижает пищевую массу и облегчает процесс жевания;
- за счет наличия муцина слюна склеивает и обволакивает корм и облегчает его проглатывание;
- регулирует кислотно-щелочное равновесие и нейтрализует кислоты желудка;
- содержит вещества, обладающие бактерицидным действием (*лизоцим*);

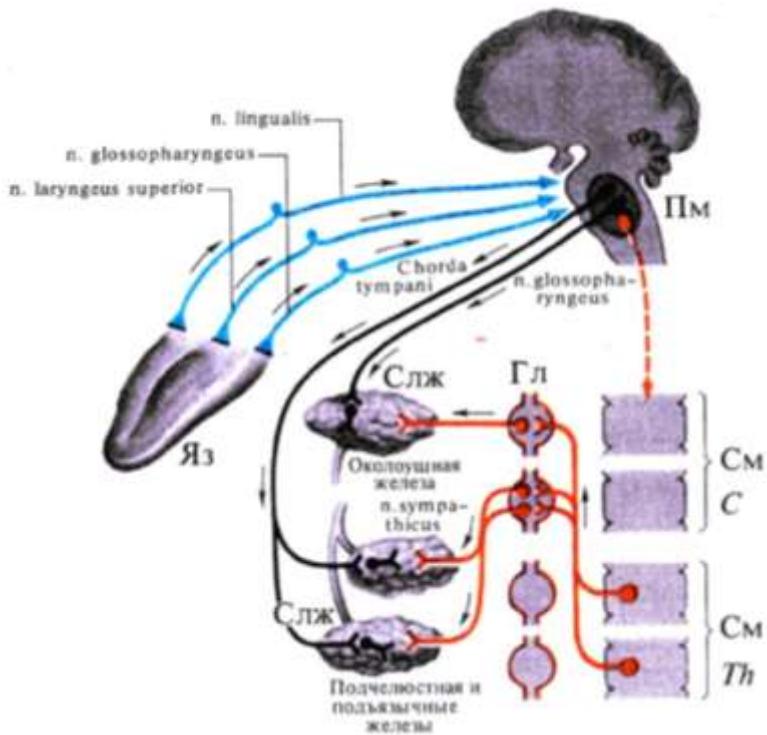
- принимает участие в терморегуляции организма за счет освобождения излишней тепловой энергии во время слюноотделения.
 - Слюноотделение у различных видов животных характеризуется следующими особенностями:
- *лошади* – слюноотделение возникает периодически, только при приеме корма. Слюна больше отделяется железами той стороны, где происходит жевание. В слюне мало ферментов и расщепление углеводов происходит в основном за счет ферментов корма. В течение суток выделяется до 40 л слюны; pH слюны 7,55;
- *жвачные* – околоушная железа секретирует непрерывно, а подчелюстная и подъязычная железы отделяют слюну периодически. Слюна не содержит ферментов. В течение суток у крупного рогатого скота выделяется 90–190 л слюны, у мелкого рогатого скота – 6–10 л; pH слюны 8–9;
- *свиньи* – слюноотделение происходит периодически, только при приеме корма. Слюна обладает выраженной амилолитической активностью и содержит большое количество ферментов. В течение суток выделяется до 15 л слюны; pH 8,1–8,7;
- *собаки* – слюноотделение происходит периодически, только при приеме корма. Слюна содержит лишь следы ферментов.

Регуляция слюноотделения происходит сложнорефлекторным путем под действием безусловного и условного рефлексов (рис. 72). В результате поступления корма в ротовую полость происходит возбуждение рецепторов слизистой оболочки губ и языка. Из ротовой полости импульсы поступают по центростремительным нервным волокнам в продолговатый мозг, где расположен центр слюноотделения, а затем в таламус, гипotalамус и кору больших полушарий. Из центра слюноотделения возбуждение передается по центробежным нервным волокнам к слюнным железам, в результате чего вырабатывается слюна (рис. 73).

Из ротовой полости пищевой ком поступает в результате глотания в глотку, затем продвигается по пищеводу за счет его перистальтических движений и попадает в желудок.



*Рисунок 72 – Схема дуги безусловного слюноотделительного рефлекса:
1 – чувствительный нерв; 2 – центр слюноотделения в продолговатом мозге;
3 – секреторный нерв; 4 – представительство безусловного рефлекса в коре
головного мозга; 5 – язык; 6 – слюнная железа; 7 – кора головного мозга*



*Рисунок 73 – Регуляция выделения слюны из околоушной, подчелюстной
и подъязычной слюнных желез:
Пм – продолговатый мозг; Гл – симпатический ганглий; См – спинной мозг;
С – шейный отдел; Th – грудной отдел; Яз – язык; Слж – слюнная железа*

3.1.3. Пищеварение в желудке

В желудке пища подвергается химической обработке (за счет ферментов и соляной кислоты желудочного сока), частично механи-

ческой обработке (за счет набухания пищи и ее перемешивания) и биологической обработке (за счет микроорганизмов у жвачных и незначительно у лошадей и свиней за счет микроорганизмов корма).

Желудок выполняет следующие функции: *секреторную, моторную, всасывающую, экскреторную* (выделение мочевины, мочевой кислоты, креатинина, солей тяжелых металлов, йода, лекарственных веществ), *инкремторную* (образование гормонов гастрина и гистамина), *гомеостатическую* (регуляция pH), *участие в гемопоэзе* (выработка некоторых компонентов крови).

Пища поступает в желудок, пройдя по пищеводу. Место его впадения называется *кардиальным отверстием*, а прилежащая к нему часть желудка – *кардиальной частью*.

Нижняя часть желудка, в которой расположен выход в двенадцатиперстную кишку, называется *пилорической частью*. Между кардиальной и пилорической частями расположена *фундальная часть* (*тело желудка*) (рис. 74).

Желудочный сок секreтируется железами слизистой оболочки желудка.

• Железы в зависимости от их расположения подразделяются на *кардиальные, фундальные и пилорические* (рис. 75).

Фундальные железы состоят из 3 видов клеток:

- 1) *главные* – вырабатывают ферменты;
- 2) *обкладочные* – вырабатывают соляную кислоту;
- 3) *добавочные* – вырабатывают слизь.

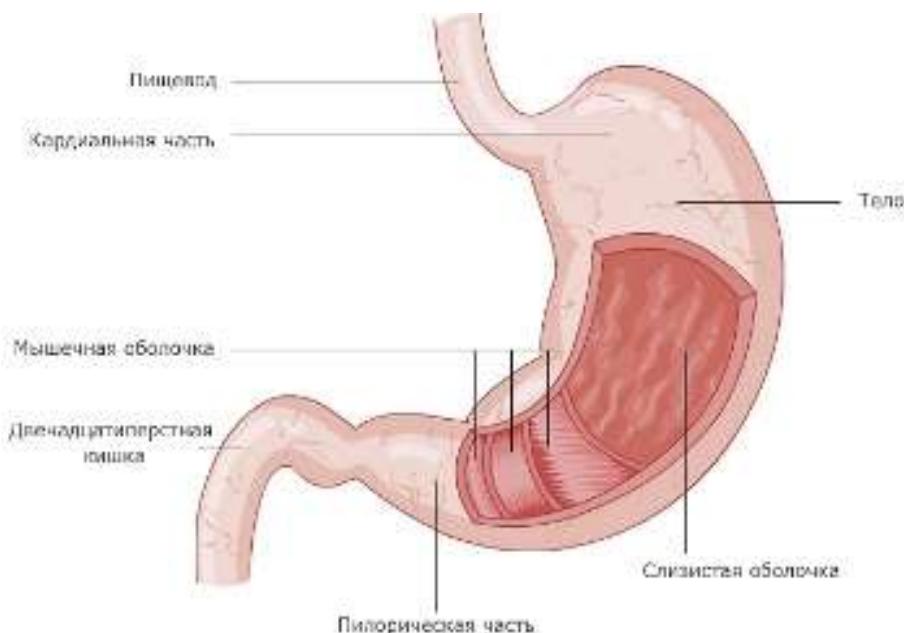


Рисунок 74 – Строение желудка

Кардиальные железы состоят из добавочных клеток, пилорические железы – из главных и добавочных клеток.

Желудочный сок – бесцветная, прозрачная жидкость кислой реакции ($\text{рН} 0,8\text{--}1,2$), содержащая 98–99,5 % воды и 0,5–2 % сухих веществ. Сухие вещества включают органические и неорганические вещества.

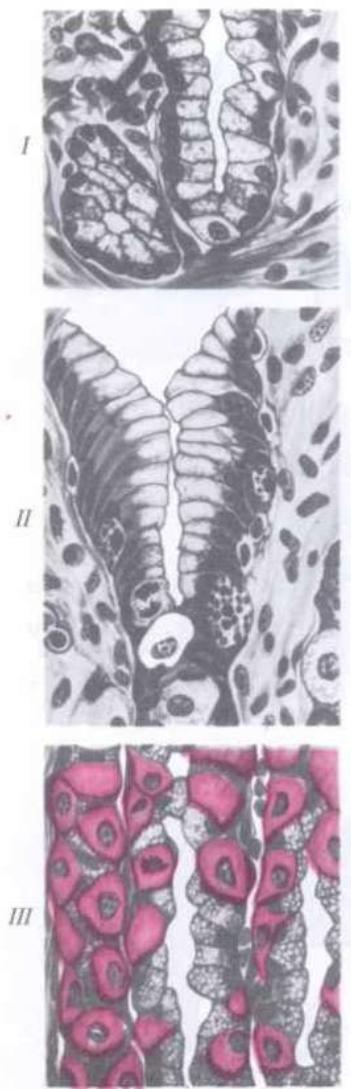


Рисунок 75 – Строение желез желудка:
I – концевые кардиальные железы; II – фундальные главные железы;
III – концевые отделы пилорических желез

К неорганическим веществам относятся соляная кислота (0,5–0,6 %), хлориды, сульфаты, фосфаты и бикарбонаты калия, натрия, кальция, магния и аммония. Соляная кислота находится в свободном или связанном (со слизью и органическими веществами пищи) состоянии.

- *Функции соляной кислоты:*

- участвует в регуляции секреции желудочных и поджелудочных желез, стимулируя образование гастрина и секретина;
- способствует превращению пепсиногена в пепсин;
- создает оптимальную pH для действия пепсинов;
- вызывает набухание белков, что способствует переходу пищи из желудка в двенадцатиперстную кишку;
- стимулирует секрецию фермента энтерокиназы эпителиальными клетками слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки;
- стимулирует моторную активность желудка;
- оказывает бактерицидное действие.

К органическим веществам относятся *ферменты, молочная, фосфорная и аденоциантифосфорная кислоты, глюкоза*, а также промежуточные продукты белкового обмена (*аминокислоты, мочевина, мочевая кислота*).

- В желудочном соке содержатся 2 группы ферментов:

- 1) *протеазы*, расщепляющие белки до полипептидов и пептидов. К ним относятся *пепсин* (вырабатывается в форме пепсиногена и под влиянием соляной кислоты превращается в пепсин), *химозин* (*реннин*) (образуется из проренина, действует на молочный белок казеиноген, превращая его в казеин), *катепсин* и *желатиназа*;
- 2) *липаза*, расщепляющая жиры на жирные кислоты и глицерин.

Кроме сока в желудке вырабатывается *слизь (муцин)*, имеющая щелочную реакцию (pH 7,8–8,4). Она защищает стенки желудка от повреждений и самопреваривания.

- Секреция желудочного сока происходит в 3 фазы:

1. *Сложнорефлекторная фаза* – является результатом действия комплекса безусловных и условных рефлексов. Корм возбуждает рецепторы ротовой полости (безусловный раздражитель), от которых импульс по афферентным нервам (язычный, языко-глоточный и др.) передается в центр пищеварения, расположенный в продолговатом мозге. Далее по эфферентным волокнам, идущим в составе блуждающего нерва, возбуждение передается ганглиозным клеткам, расположенным в стенке желудка, и железистым клеткам желудка. Это *безусловный рефлекс желудочного сокоотделения*, возникающий в результате приема корма.

Условный рефлекс желудочного сокоотделения возникает при воздействии вида и запаха пищи на рецепторы анализаторов (условные раздражители) (рис. 76). При этом происходит возбуждение корковых центров, в результате чего выделяется желудочный сок (рис. 77). Секреция желудочного сока наступает через 1–2 минуты после приема корма. Этот сок И.П. Павлов назвал *аппетитным* («запальным»), так как от него зависит последующий процесс пищеварения; в нем высокая концентрация соляной кислоты и ферментов. Таким образом, желудочный сок, отделяющийся во время сложнорефлекторной фазы, обладает большей кислотностью и большей переваривающей способностью, чем сок, образующийся во время нейрогуморальной фазы.

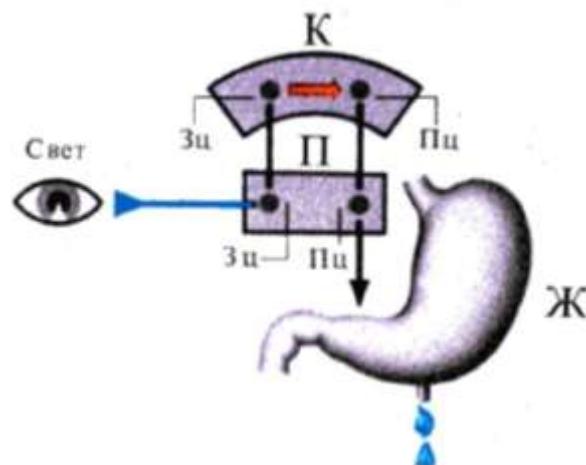
Продолжительность сложнорефлекторной фазы составляет 1–2 ч.

2. ***Нейрогуморальная (нейрохимическая) фаза*** – является результатом действия на желудочные железы гормонов, химических веществ корма и продуктов их расщепления, всосавшихся в кровь. Фаза начинается через 30–40 минут после начала приема корма при механическом и химическом раздражении стенок желудка пищевыми массами.

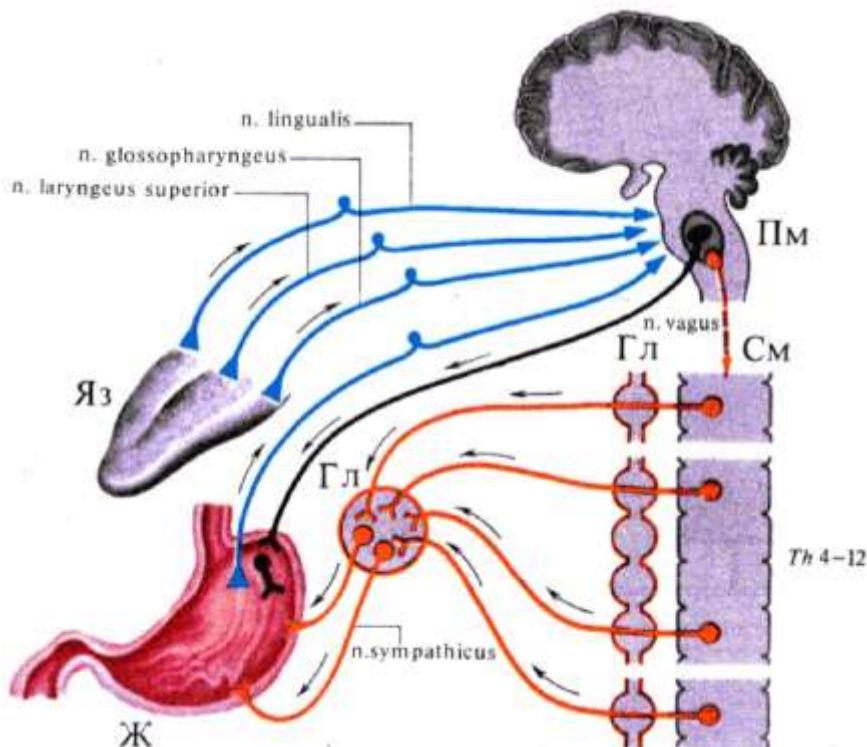
Раздражение пищевым комом стенок желудка приводит к выработке специализированными клетками слизистой оболочки гормона *гастрин*, который всасывается в кровь и оказывает влияние на железы желудка. Гастрин образуется в пилорической части желудка в неактивном состоянии (*прогастрин*) и превращается в активное вещество под действием соляной кислоты. Гастрин стимулирует выделение *гистамина*. Гастрин и гистамин усиливают секрецию соляной кислоты.

Продолжительность нейрогуморальной фазы составляет 10 ч и более.

3. ***Кишечная фаза*** – начинается при поступлении пищевого кома в двенадцатиперстную кишку. При действии на ее слизистую оболочку промежуточных продуктов обмена белков в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки и начальном отделе тощей кишки образуется *энтерогастрин*, действие которого аналогично гастрину. Продукты переваривания пищи, всосавшись в кишечнике в кровь, стимулируют желудочные железы, усиливая образование гистамина и гастрина.



*Рисунок 76 – Условный рефлекс на сокоотделение желудка:
условный раздражитель – свет, подкрепление – пища, реакция – выделение
желудочного сока; К – кора мозга; П – подкорка; Зи – зрительный центр;
Пи – пищевой центр; Ж – желудок*



*Рисунок 77 – Регуляция желудочного сокоотделения:
Пм – продолговатый мозг; Гл – симпатический ганглий; См – спинной мозг;
Th – грудной отдел; Яз – язык; Ж – желудок*

Сокращение мышц желудка вызывает движения, т. е. моторику желудка.

- Различают 2 вида сокращений мышц желудка:
- 1) *тонические сокращения* – происходит длительное напряжение мускулатуры фундальной части желудка. В результате этого в же-

лудке создается давление, которое не перемешивает содержимое, а отжимает продукты переваривания по направлению к пилорической части;

2) *ритмические сокращения* – происходит периодическое сокращение и расслабление гладких мышц. Эти сокращения начинаются в кардиальной части желудка и распространяются по направлению к пилорической. В кардиальной и фундальной части мышцы сокращаются слабо, а в пилорической – сильно, образуя перетяжки, которые волнообразно распространяются к выходу из желудка. При прохождении волн сокращения круговые мышцы сокращаются в пилорической области, и полость желудка в этом месте сжимается, а нижележащий участок расширяется. Ритмические сокращения способствуют перемешиванию пищи, пропитыванию ее желудочным соком и передвижению в сторону кишечника.

Регуляция моторики желудка осуществляется рефлекторно под действием блуждающего (парасимпатического) и симпатического нервов и гуморально под влиянием различных химических веществ, находящихся в пище и крови. От рецепторов желудка и двенадцатиперстной кишки центростремительные импульсы идут по блуждающему и симпатическому нервам и по этим же нервам от центров идут центробежные импульсы. Блуждающие нервы возбуждают сокращение мышц желудка, а симпатические – тормозят. Центры, регулирующие движение желудка, расположены в продолговатом и среднем мозге, которые, в свою очередь, подчинены центрам, лежащим в коре больших полушарий.

Мышцы желудка обладают автоматией, что обусловлено наличием в стенке желудка интрамуральных нервных образований (*рис. 78*).

К гуморальным раздражителям, вызывающим сокращение мускулатуры желудка, относят *гастрин*, *гистаминахолин*, *ацетилхолин*, *ионы калия*. Тормозят движения желудка *энтерогастрон*, *адреналин*, *норадреналин*, *ионы кальция*.

• По характеру пищеварения животных подразделяют на 2 типа:

- 1) *животные с однокамерным желудком* (лошади, свиньи). У них желудочно-кишечное пищеварение и переваривание корма происходит под влиянием пищеварительных ферментов;
- 2) *жвачные животные с многокамерным желудком* (крупный и мелкий рогатый скот, верблюды). У них преобладает желудочное пищеварение и значительная часть корма переваривается без участия ферментов пищеварительных соков под влиянием микроорганизмов.

У лошадей, свиней и жвачных желудочный сок выделяется непрерывно. Прием корма усиливает секрецию желез желудка.

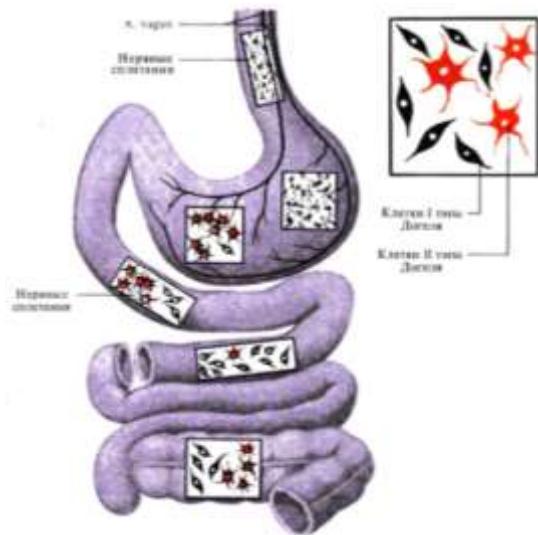


Рисунок 78 – Интрамуральные ганглии пищеварительного канала, регулирующие местные рефлексы

3.1.4. Желудочное пищеварение у жвачных животных

Желудок жвачных состоит из 4 отделов: *рубца*, *сетки*, *книжки* и *сычуга* (рис. 79, 80). Первые три отдела называют *преджелудками*, а *сычуг* является *истинным желудком*.

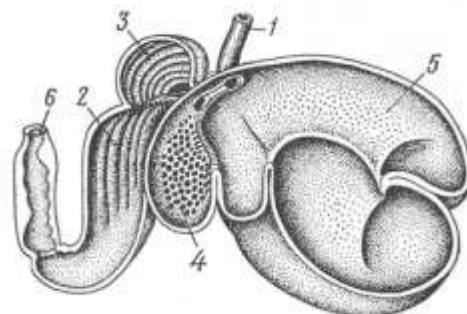


Рисунок 79 – Устройство желудка овцы
1 – пищевод; 2 – сырцуг; 3 – книжка; 4 – сетка; 5 – рубец; 6 – пилорический отдел

Рубец представляет собой большую бродильную камеру. В нем корм измельчается в результате жвачки и переваривается под действием ферментов микроорганизмов. Из микроорганизмов в рубце присутствуют *простейшие* (инфузории) и *бактерии* – кокки, стрептококки, молочнокислые и целлюлозолитические бактерии. Микроорганизмы также синтезируют белки своего тела, которые используются организмом животного в качестве полноценных белков, и витамины группы В.

У жвачных в желудочном соке нет ферментов, переваривающих углеводы. Клетчатка расщепляется в рубце под действием ферментов бактерий до глюкозы. Крахмал сбраживается с образованием летучих жирных кислот (молочной, уксусной, пропионовой и масляной), которые используются организмом жвачных как источник энергии и служат одним из источников образования жира. Растительные белки корма расщепляются в рубце под действием ферментов микроорганизмов до пептидов, аминокислот и амиака. Микроорганизмы рубца могут использовать не только белок, но и небелковые азотистые вещества. Поэтому часть белка в рационе жвачных можно заменять синтетической мочевиной (карбамидом).

В процессе жизнедеятельности микроорганизмов в рубце образуются газы. Они необходимы для биохимических реакций, в результате которых образуются ценные питательные вещества. В рубце образуются углекислый газ (до 60–70 %), метан (до 40–50 %), азот, небольшое количество водорода, сероводорода и кислорода. Избыток газов удаляется при отрыжке, а небольшое количество их всасывается в кровь и выделяется через легкие при дыхании.

Сетка является сортировочным органом. В нее проникает только измельченная масса, а грубые крупные частицы остаются в рубце для дальнейшего переваривания.

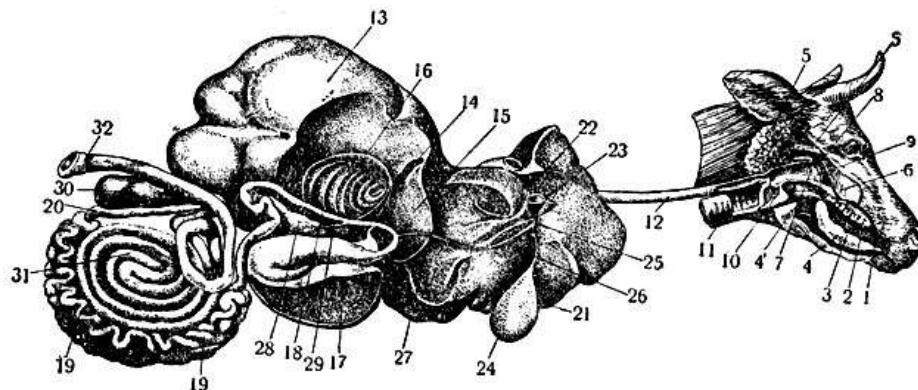


Рисунок 80 – Схема пищеварительного аппарата коровы:

- 1 – ротовая полость; 2 – язык; 3 – подъязычная слюнная железа; 4 – подчелюстная слюнная железа; 4' – ее проток; 5 – околоушная слюнная железа; 5' – ее проток; 6 – мягкое небо; 7 – глотка; 8 – отверстие слуховой трубы; 9 – хоаны; 10 – горталь; 11 – трахея; 12 – пищевод; 13 – рубец; 14 – пищеводный желоб; 15 – сетка; 16 – книжка; 17 – съчуг; 18 – двенадцатиперстная кишка; 19 – тощая кишка; 20 – подвздошная кишка; 21 – печень; 22 – печеночная артерия; 23 – воротная вена; 24 – желчный пузырь; 25 – печеночный желчный проток; 26 – пузырный желчный проток; 27 – общий желчный проток; 28 – поджелудочная железа; 29 – проток поджелудочной железы; 30 – слепая кишка; 31 – ободочная кишка; 32 – прямая кишка

Книжка служит фильтром и в ней задерживаются недостаточно измельченные частицы корма. В книжке переваривается до 20 % клетчатки и всасывается вода.

Сычуг – это истинный желудок, в котором вырабатывается *сычужный сок*. Сычужные железы секретируют непрерывно. Прием корма усиливает секрецию. В сычужном соке содержатся ферменты *пепсин, химозин, липаза и соляная кислота*.

Жвачные животные захватывают корм и проглатывают его почти не пережевывая. В перерыве между приемами корма он отрыгивается в ротовую полость, пережевывается и снова проглатывается. Отрыгивание принятого корма, пережевывание и обратное проглатывание называется **жвачным процессом**. Время, в течение которого происходит пережевывание отрыгиваемого корма, называется **жвачным периодом**.

Жвачный процесс начинается через 30–50 минут после приема корма. За это время корм в рубце набухает и размягчается. В сутки бывает 6–8 жвачных периодов, каждый из которых длится 40–50 мин.

Молодняк жвачных рождается с неразвитыми органами пищеварения (рис. 81). В молочный период в молоке матери присутствуют ферменты, переваривающие питательные вещества молока. К 6 месяцам у телят устанавливается такой же тип пищеварения, как у взрослых жвачных.

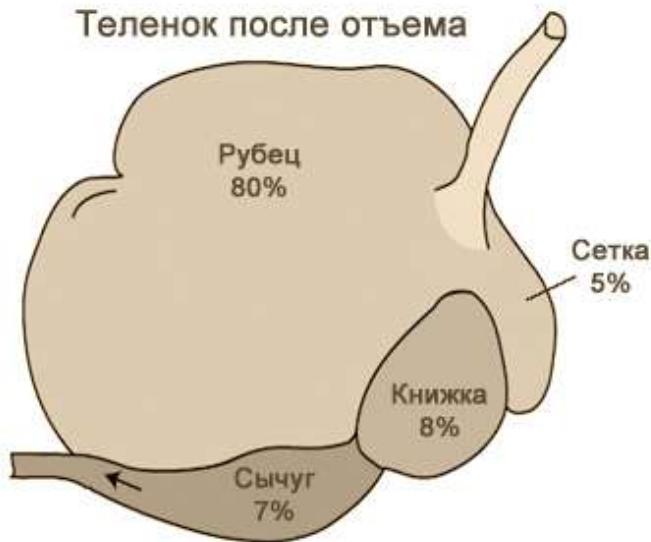
Особенностью желудочного пищеварения у новорожденных телят является отсутствие у них жвачного периода. Он наступает на третьей неделе жизни и связан с началом приема грубого корма и появлением в рубце микроорганизмов.

У молодняка жвачных в молочный период рубец недоразвит и во время приема корма важная роль принадлежит *пищеводному желобу* (рис. 82). *Пищеводный желоб* – это полузамкнутая трубка, идущая от пищевода по дну сетки до входа в книжку. Он образован складками слизистой оболочки, называемыми губами, в которых расположены мышцы и нервы. Молоко может проходить по желобу в сычуг только небольшими порциями. Поэтому выпаивать молоко телятам можно только в небольших количествах, чтобы молоко из желоба не выливалось в рубец, который еще не функционирует. С ростом телят значение пищеводного желоба уменьшается, и у взрослых животных жидкость при питье лишь частично поступает в сычуг, а основное ее количество попадает в рубец.

Новорожденный теленок с неразвитым желудком



Теленок после отъема



Рубец не развит и не функционирует; молоко не попадает в рубец, а усваивается в съчуге и кишечнике

Потребление твердых кормов, особенно зернового стартера или концентратов, стимулирует развитие стенок рубца

Теленок жует жвачку и большинство энергии получает из желудочной ферментации

Рисунок 81 – Схема желудка новорожденного теленка и теленка после отъема

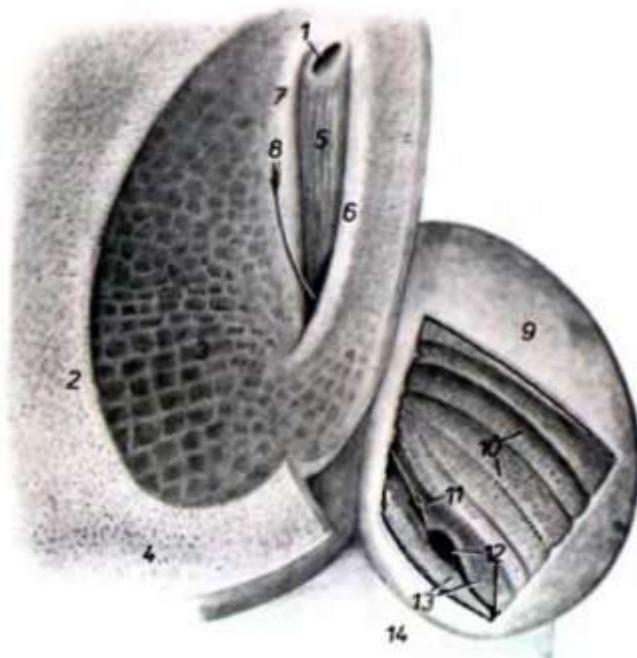


Рисунок 82 – Пищеводный желоб желудка овцы (вид с каудальной стороны):
1 – вход пищевода; 2 – тяж рубца и сетки; 3 – сетка; 4 – преддверие рубца;
5 – дно пищеводного желоба; 6 – правая губа желоба; 7 – левая губа желоба;
8 – вход в книжку; 9 – книжка; 10 – листочки книжки; 11 – мост книжки
(продолжение желоба); 12 – вход в съчуг; 13 – паруса книжки; 14 – съчуг

3.1.5. Пищеварение в тонком отделе кишечника

Тонкий кишечник состоит из *двенадцатиперстной*, *тощей* и *подвздошной* кишок. Слизистая оболочка тонких кишок собрана в складки и покрыта ворсинками (рис. 83). Тонкий отдел кишечника очень длинный: у *крупного рогатого скота* его длина составляет 40–49 м, у *мелкого рогатого скота* – 24–26 м, у *лошадей* и *свиней* – до 20 м. В кишечнике кормовые массы перевариваются под действием *поджелудочного и кишечного соков* и желчи.

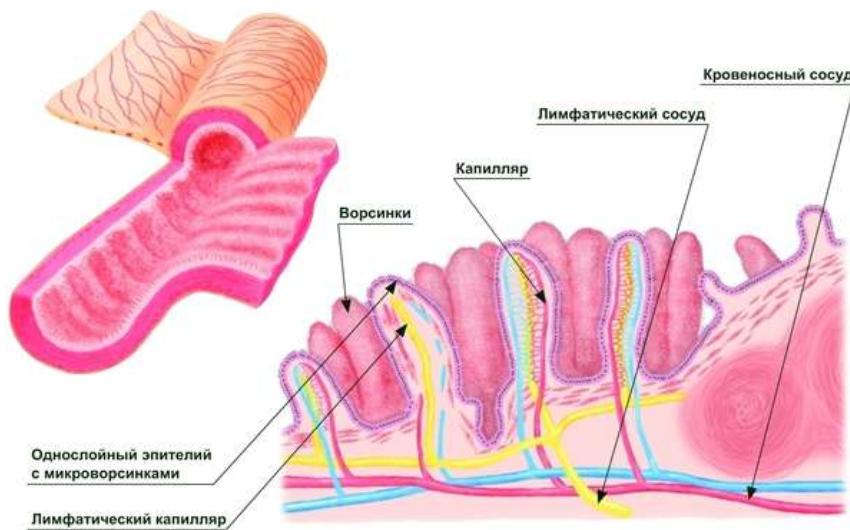


Рисунок 83 – Внутренняя поверхность тонкой кишки с характерным рельефом слизистой оболочки

Поджелудочный сок – прозрачная, бесцветная жидкость щелочной реакции ($\text{pH } 7,2\text{--}8,0$), содержащая 90 % воды и 10 % сухих веществ. В состав сухих веществ входят органические и неорганические вещества. Из *неорганических веществ* присутствуют *бикарбонаты*, *хлориды* и *фосфаты натрия, кальция и калия*. *Органические вещества* представлены тремя группами *ферментов*: протеолитическими, амилолитическими и липолитическими.

- К протеолитическим ферментам относятся:
 - *трипсин* – расщепляет белки до полипептидов, пептидов и аминокислот. Выделяется в виде неактивного профермента *трипсиногена*, который активируется ферментом кишечного сока *энтерокиназой*;
 - *химотрипсин* – выделяется в неактивном состоянии в виде *химотрипсиногена* и активируется трипсином; расщепляет белки до полипептидов, дипептидов и аминокислот;

- карбоксиполипептидазы – расщепляют полипептиды до аминокислот;
 - дипептидаза – расщепляет дипептиды на свободные аминокислоты;
 - эластаза – расщепляет белки соединительной ткани до пептидов и аминокислот;
 - нуклеазы (рибонуклеаза, дезоксирибонуклеаза) – расщепляют нуклеиновые кислоты на мононуклеотиды и фосфорную кислоту.
- К амилолитическим ферментам относятся:
- α -амилаза – расщепляет крахмал и гликоген до мальтозы;
 - мальтаза – расщепляет мальтозу до глюкозы;
 - лактаза – расщепляет лактозу до глюкозы и галактозы;
 - сахараза – расщепляет сахарозу до глюкозы и фруктозы.
- К липолитическим ферментам относятся:
- липаза – расщепляет жиры до глицерина и жирных кислот.

• Секреция поджелудочного сока проходит в 2 фазы:

I фаза – сложнорефлекторная – обусловлена действием условных (вид и запах пищи) и безусловных (раздражение рецепторов полости рта и глотки) раздражителей. От рецепторов импульсы по афферентным нервным волокнам поступают в центр пищеварения, расположенный в продолговатом мозге, в гипоталамус и кору головного мозга, а оттуда по эфферентным нервным волокнам к поджелудочной железе, что стимулирует секрецию поджелудочного сока (рис. 84).

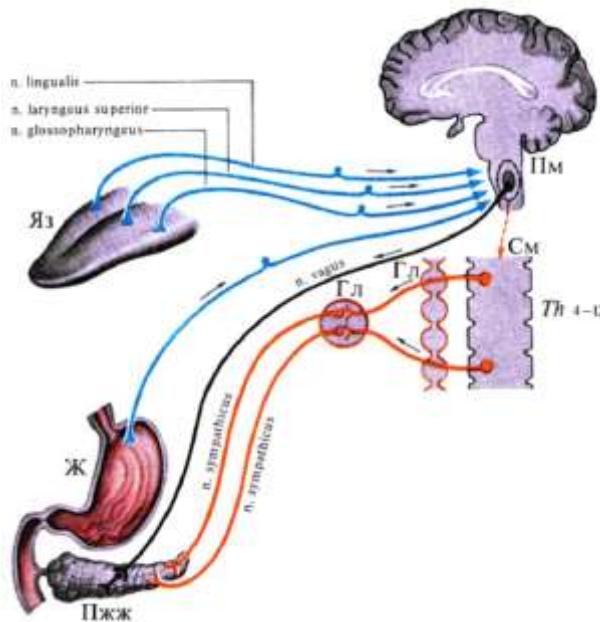


Рисунок 84 – Регуляция выделения сока поджелудочной железой:

Пм – продолговатый мозг; Гл – симпатический ганглий; См – спинной мозг; Th – грудной отдел; Яз – язык; Ж – желудок; Пжж – поджелудочная железа

II фаза – гуморальная – обусловлена гормонами желудочно-кишечного тракта *секретином* и *холецистокинином* (панкреозимином). Секретин образуется в неактивном состоянии в виде *просекретина*, активируется соляной кислотой и стимулирует клетки поджелудочной железы (рис. 85). Холецистокинин увеличивает количество ферментов в поджелудочном соке. Секрецию поджелудочного сока стимулируют также *гастрин*, *серотонин*, *инсулин*, *соли желчных кислот*. Тормозят секрецию *глюкагон*, *простагландины*, *кальцитонин*.

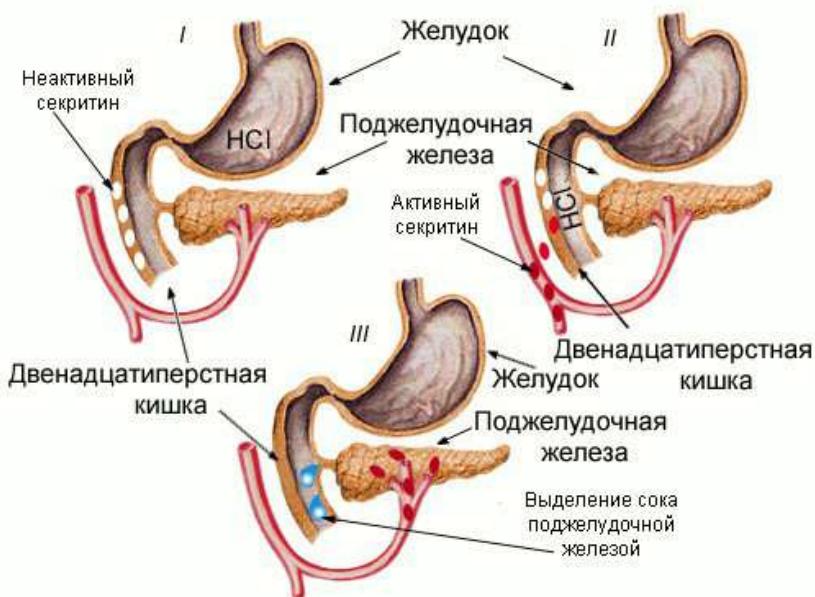


Рисунок 85 – Гуморальная регуляция сокоотделения поджелудочной железы
I – секретин не активен, поджелудочная железа не выделяет сока; II – соляная кислота активизирует секретин, который поступает в сосудистое русло; III – секретин стимулирует секреторную деятельность поджелудочной железы

Желчь – секрет печени, выделяющийся в двенадцатиперстную кишку.

- Различают 2 вида желчи:

- 1) **печеночная желчь** – жидкая, прозрачная, светло-желтого или светло-зеленого цвета, содержит 96–99 % воды, ее pH 7,5;
- 2) **пузырная желчь** – густая, темного цвета, у травоядных темно-зеленого цвета, у плотоядных – красно-желтого, содержит 80–86 % воды и слизь, которая выделяется слизистыми железами стенок желчного пузыря, ее pH 6,8.

- К органическим веществам желчи относятся:

- **желчные пигменты** – **билирубин** и **биливердин**. Билирубин образуется из гемоглобина при разрушении эритроцитов. Биливердин получается при окислении билирубина;

- желчные кислоты – холевая, гликохолевая, хенодезоксихолевая и таурохолевая;
- холестерин;
- фосфатиды;
- свободные жиры;
- продукты распада белков – мочевина, мочевая кислота, пуриновые основания.

• К неорганическим веществам желчи относятся бикарбонаты и фосфаты натрия, калия и кальция.

• *Функции желчи:*

- облегчает превращение жиров в эмульсию, в виде которой они легче перевариваются липазой;
- нейтрализует кислое содержимое, поступающее из желудка;
- усиливает действие липазы поджелудочного и кишечного соков;
- обладает бактерицидным действием.

Желчеобразование в клетках печени происходит непрерывно, но поступает желчь в кишечник по мере поступления в него пищевой массы. Желчь собирается в печеночный проток, который после слияния с пузырным протоком образует общий желчный проток, впадающий в двенадцатiperстную кишку. Вне периода пищеварения желчный проток закрыт сфинктером и желчь по пузырному протоку поступает в желчный пузырь.

Образование желчи усиливают *гастрин*, *соляная и желчная кислоты*, *химические вещества корма* и сама желчь.

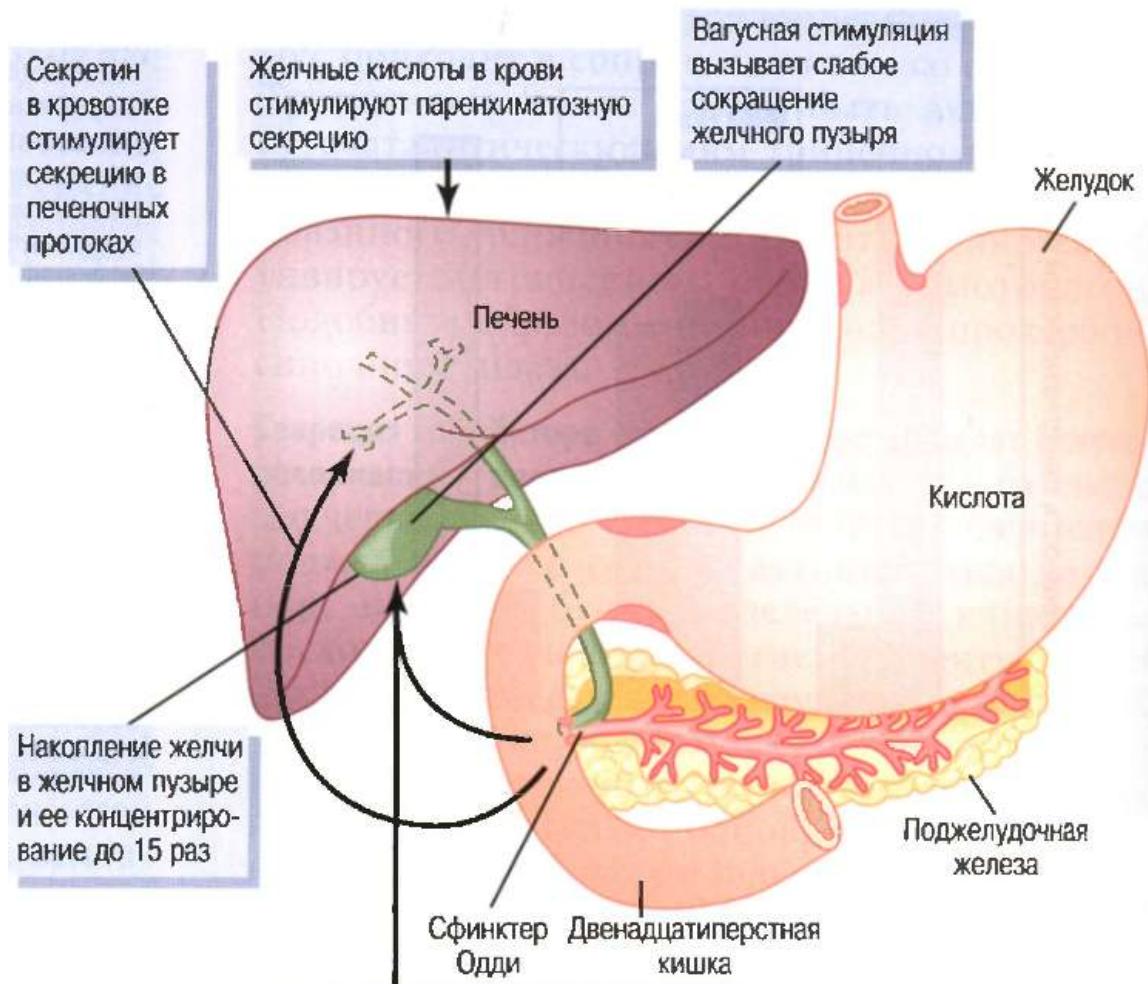
В двенадцатiperстную кишку желчь начинает поступать через 5–10 минут после приема корма, и выделение ее продолжается 6–8 ч.

Выделение желчи в кишку регулируется рефлекторным и гуморальным путем. Рефлекторное выделение желчи начинается при раздражении рецепторов желудка и кишечника. Раздражение блуждающих нервов усиливает выделение желчи, а симпатических – тормозит. Гуморальным раздражителем, вызывающим сокращение желчного пузыря и расслабление сфинктера желчного протока, является гормон *холецистокинин*, образующийся в слизистой двенадцатiperстной кишки (рис. 86).

Кишечный сок – бесцветная жидкость щелочной реакции (рН 8,2–8,7), мутноватая от примеси слизи.

Кишечный сок содержит 3 группы ферментов. Из протеолитических ферментов в нем содержится энтерокиназа, превращающая трипсиноген в трипсин, аминополипептидаза и дипептидаза, расще-

пляющие полипептиды и дипептиды до аминокислот. Из амилолитических ферментов содержатся *мальтаза*, *сахараза* и *лактаза*, расщепляющие дисахарины до моносахаридов. Из липолитических ферментов содержится *липаза*.



Холецистокинин в крови вызывает:

1. Сокращение желчного пузыря
2. Расслабление сфинктера Одди

Рисунок 86 – Образование желчи и опорожнение желчного пузыря

В кишечном соке имеется также *щелочная фосфатаза*, обеспечивающая всасывание углеводов, аминокислот и липидов.

Из *неорганических веществ* в кишечном соке содержатся *хлорид натрия* и *бикарбонаты*.

Секреция кишечного сока у животных происходит непрерывно.

В результате переваривания питательных веществ корма и смешивания его с пищеварительными соками содержимое тонкого кишечника приобретает вид однородной жидкой массы, которую называют *химусом*.

3.1.6. Моторика кишечника

Движение тонкого кишечника осуществляется в результате сокращения продольных и круговых (поперечных) гладких мышц.

- Различают 3 вида движений кишечника (*рис. 87*):

- 1) *маятникообразные движения* – возникают при сокращении продольного и поперечного мышечного слоя. В результате таких движений пищевая масса передвигается вперед и назад и перемешивается с пищеварительными соками;
- 2) *ритмические (сегментированные) движения* – в результате сокращения поперечных мышц на кишечнике образуются перетяжки, разделяющие кишку на сегменты, и участки расслабления мышц между этими перетяжками. Эти сокращения способствуют перемешиванию содержимого кишки;
- 3) *перистальтические движения* – вызывают продвижение пищевой массы по кишечнику. При этом сокращаются поперечные мышцы, образуя кольцевой перехват, переди которого полость кишки расширяется. В результате таких сокращений содержимое кишки передвигается изуженного участка в расширенный.

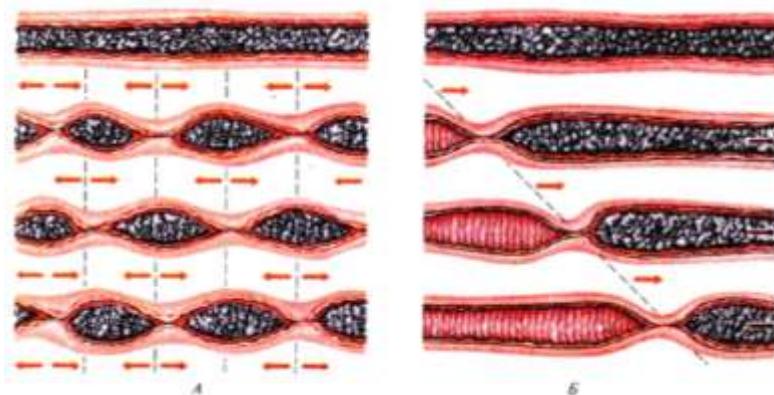


Рисунок 87 – Моторика кишечника:
А – маятникообразное движение (ритмическая сегментация);
Б – перистальтические движения

Особенностью двигательной функции кишечника является автоматия, т. е. способность кишечника ритмически сокращаться без внешних раздражителей.

Сокращения кишечной мускулатуры регулируются нервным и гуморальным путем (*рис. 88*). Раздражение блуждающего нерва усиливает мышечные сокращения, а симпатического нерва – снижает (*рис. 89*).

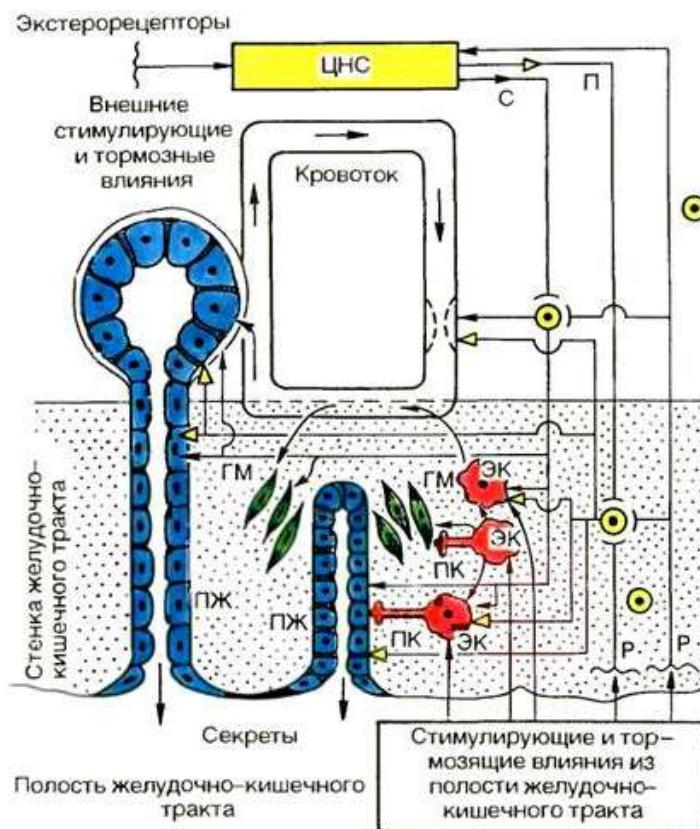
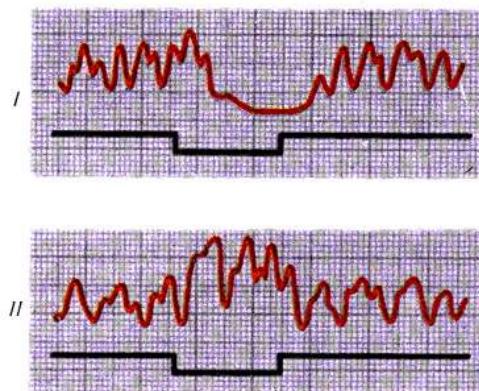


Рисунок 88 – Механизмы регуляции секреции и моторики пищеварительного тракта: ПЖ – пищеварительные железы; ГМ – гладкие мышцы; ЭК – эндокринные клетки; Р – рецепторы; С и П – аксоны симпатических и парасимпатических преганглионарных нейронов; ПК – паракринные влияния; ЦНС – центральная нервная система



*Рисунок 89 – Регуляция моторики кишечника:
I – результат раздражения симпатических нервов;
II – результат раздражения блуждающего нерва*

К химическим раздражителям, возбуждающим движения кишечника, относят холин, серотонин, ацетилхолин, желчь, кислоты, щелочи, растворы солей и полипептиды. Норадреналин угнетает мышцы кишки.

3.1.7. Полостное и пристеночное пищеварение

Пристеночное пищеварение – это переваривание питательных веществ на поверхности слизистой оболочки тонкого кишечника.

На слизистой тонкого кишечника расположены ворсинки, на поверхности которых имеется щеточная кайма. Она образована большим количеством микроворсинок, между которыми на клеточной мембране имеются ферменты.

В результате движений кишечника происходит перемешивание пищевой массы и ее соприкосновение со щеточной каймой. Мелкие пищевые частицы поступают в щеточную кайму и подвергаются пристеночному перевариванию. Более крупные частицы остаются в полости кишечника и подвергаются расщеплению ферментами до более мелких размеров.

Полостное пищеварение осуществляется под действием ферментов в составе пищеварительных соков (поджелудочного и кишечного соков и желчи), выделяемых в полость желудочно-кишечного тракта (рис. 90).

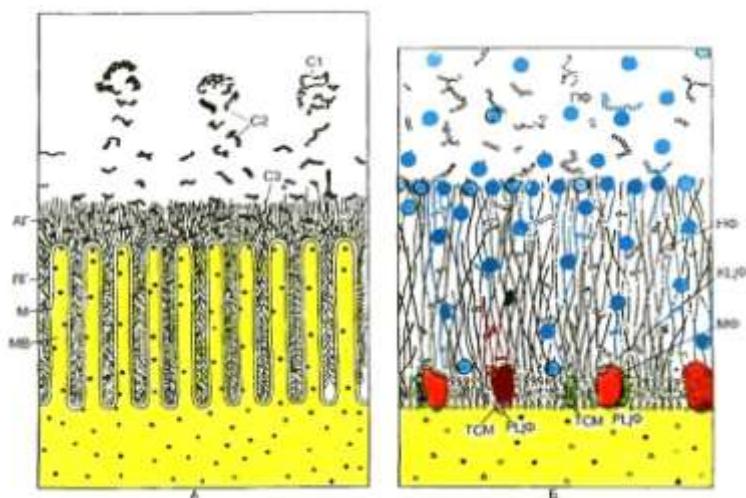


Рисунок 90 – Взаимоотношения полостного и мембранныго пищеварения в тонкой кишки:

А – схема последовательной деполимеризации пищевых субстратов в полости и на поверхности тонкой кишки; Б – фрагмент липопротеидной мембраны с адсорбированными и собственно кишечными ферментами

М – мембрана; МВ – микроворсинки; АГ – апикальный гликокаликс; ЛГ – латеральный гликокаликс; С1, С2, С3 – субстраты; ПФ – панкреатические ферменты; МФ – мембранные ферменты; ТСМ – транспортная система мембраны; РЦФ – регуляторные центры ферментов; КЦФ – каталитические центры ферментов; НФ – неферментные факторы

3.1.8. Пищеварение в толстом отделе кишечника

Толстый кишечник состоит из *слепой, ободочной и прямой кишок*.

Железы толстых кишок выделяют небольшое количество сока.

В нем содержатся такие же ферменты, что и в соке тонких кишок, но их мало и переваривающая сила у них небольшая. Поэтому пищеварение в толстом кишечнике осуществляется в основном за счет ферментов, принесенных с химусом из тонких кишок. В слизистой оболочке толстых кишок много бокаловидных клеток, выделяющих слизь. Реакция содержимого в передней и средней части толстого кишечника щелочная, а в задней части – кислая. Секреция сока в толстых кишках обусловлена механическим раздражением стенок кишечника.

В толстом кишечнике находится огромное количество *бактерий*, которые вызывают сбраживание углеводов и гниение белков. Под влиянием бактерий происходит расщепление клетчатки с образованием летучих жирных кислот, сероводорода, углекислого газа, метана и водорода. При гнилостном разрушении белка образуются крезол, фенол, скатол и индол, которые обезвреживаются в печени.

В толстом кишечнике содержимое сгущается в результате всасывания воды и образуется кал. В его состав входят кишечная слизь, остатки отмершего эпителия слизистой оболочки кишечника, холестерин, ферменты, желчь, придающая калу характерный цвет, минеральные вещества и микроорганизмы. Кроме того, в кале содержатся остатки непереваренного корма. Процесс освобождения толстых кишок от каловых масс называется *дефекация*.

Движения толстых кишок такие же, как и тонких, но они более слабые и очень медленные. В слепой и ободочной кишках происходят также *антiperистальтические движения*, что обеспечивает лучшее перемешивание содержимого.

Толстые кишки обладают автоматией, которая выражена слабее, чем в тонких кишках. Движения толстой кишки возбуждаются в результате механических раздражений слизистой оболочки и регулируются блуждающими и симпатическими нервами.

3.1.9. Механизм всасывания

Всасывание – это процесс поступления различных веществ в кровь и лимфу через биологические мембранны (кожу, подкожную клетчатку, слизистую и серозную оболочки брюшной полости и т. д.).

В процессе всасывания в пищеварительном тракте организм получает все необходимые вещества для энергетических и пластических процессов.

Слизистые оболочки различных отделов пищеварительного тракта обладают разной степенью всасывания. В ротовой полости всасывания почти не происходит, так как корм здесь находится недолго. В желудке всасываются вода, глюкоза, аминокислоты, минеральные вещества, но в небольшом количестве.

Самое интенсивное всасывание происходит в тонком кишечнике, где очень большая всасывающая поверхность. Слизистая тонких кишок образует очень много складок. На ней имеется огромное количество ворсинок, что в 20–25 раз увеличивает поверхность слизистой кишечника. Движение ворсинок ускоряет всасывание.

Всасывание питательных веществ происходит и в толстых кишках, но в небольших количествах. В толстых кишках всасываются летучие жирные кислоты и вода.

Основным механизмом всасывания является трансмембранный перенос, который может осуществляться с помощью *пассивного* и *активного транспорта*. *Пассивный транспорт* осуществляется по градиенту концентрации и не требует затрат энергии (*диффузия, осмос и фильтрация*). *Активный транспорт* – это перенос веществ через мембранные протеины против градиента концентрации с затратой энергии и при участии *мембранных переносчиков* и *транспортных каналов*.

В кишечнике происходит всасывание белков, углеводов и жиров.

Белки всасываются в виде *аминокислот* и частично в виде *полипептидов* (рис. 91).



Рисунок 91 – Переваривание и всасывание белков

Углеводы всасываются в виде моносахаридов – глюкозы, галактозы, фруктозы и маннозы (рис. 92). У жвачных большая часть углеводов сбраживается до летучих жирных кислот в преджелудках и в таком виде всасывается.

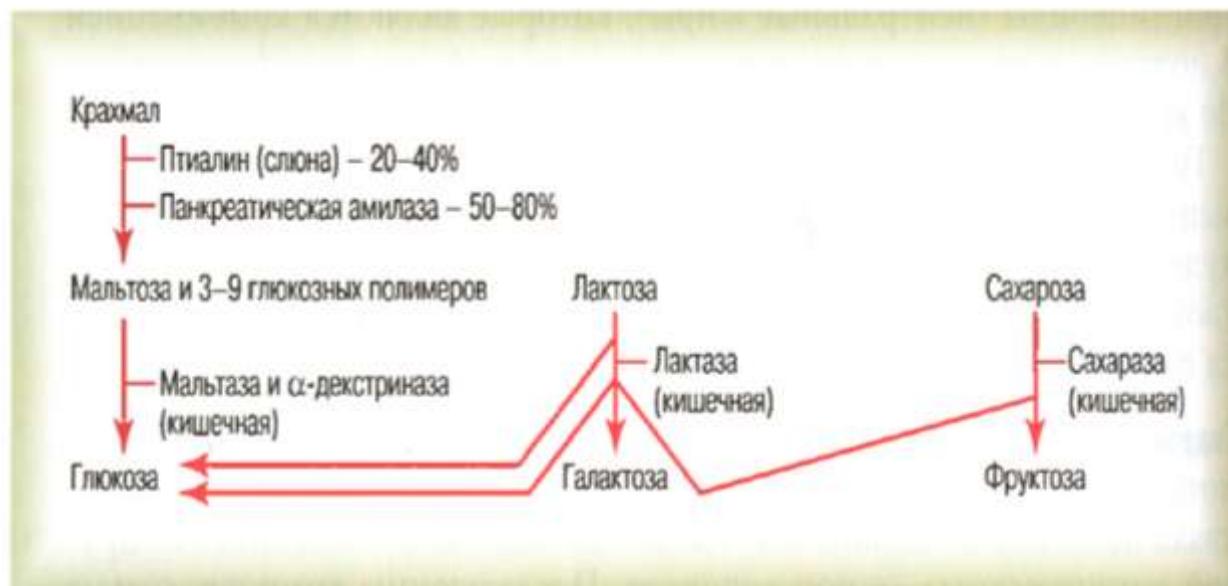


Рисунок 92 – Переваривание и всасывание углеводов

Жиры всасываются в виде глицерина и жирных кислот, а также в виде нерасщепленного жира, если он хорошо эмульгирован и образует систему из мельчайших капелек жира (рис. 93).

Глицерин растворяется в воде и быстро всасывается. Жирные кислоты нерастворимы в воде и для их всасывания необходимо соединение с желчными кислотами, в результате чего образуются сложные соединения, хорошо растворимые в воде и легко проникающие в эпителиальные клетки ворсинок кишечника. В них они распадаются на жирные и желчные кислоты. Освободившиеся жирные кислоты проникают в лимфатические сосуды и затем поступают в печень.

В слизистой кишечника жирные кислоты вступают во взаимодействие с глицерином, в результате чего образуются частицы нейтрального жира. Всасавшиеся жиры поступают в лимфатическую систему и в небольшом количестве в капилляры кровеносной системы.



Рисунок 93 – Переваривание и всасывание жиров

Вода всасывается во всех отделах пищеварительного тракта. В желудке ее всасывается немного, так как в нем она мало задерживается. Основное всасывание воды происходит в кишечнике.

Минеральные вещества всасываются в основном в тонком кишечнике. Происходит всасывание солей *натрия*, *калия* и *кальция*. *Фосфор* всасывается из органических и неорганических соединений. *Железо, медь, цинк, йод и кобальт* всасываются в виде органических и неорганических соединений.

Процессы всасывания регулируются нервной и гуморальной системами, а также витаминами группы В, Д и аскорбиновой кислотой.

3.2. Физиология дыхания

3.2.1. Общая характеристика системы дыхания

Дыхание – это совокупность физиологических процессов, обеспечивающих потребление кислорода и выделение углекислого газа в атмосферу.

Система дыхания включает исполнительные органы системы дыхания и механизмы регуляции поддержания оптимального газового состава организма.

- К исполнительным органам системы дыхания относятся:
 - мышцы инспираторные (*вдохательные*);
 - мышцы экспираторные (*выдохательные*);
 - грудная клетка;
 - плевра;
 - бронхи и легкие;
 - воздухоносные пути: трахея, гортань, носоглотка, носовые ходы;

- сердце и сосуды;
- кровь.

Воздухоносные пути не принимают непосредственного участия в газообмене, поэтому их называют *вредным пространством*. Воздухоносные пути обеспечивают прохождение воздуха в легкие из окружающей среды. При прохождении через них вдыхаемый воздух увлажняется (за счет наличия слизи на слизистой оболочке стенки воздухоносных путей), согревается или охлаждается (за счет обильного кровоснабжения слизистой оболочки), очищается от пыли и микроорганизмов (за счет наличия мерцательного эпителия в слизистой оболочке воздухоносных путей). В верхних дыхательных путях находится много чувствительных рецепторов, раздражение которых вызывает защитные рефлексы (кашель, чихание). Данные рефлексы способствуют выведению из бронхов частиц пыли, микробов и ядовитых веществ.

Функциональной единицей легких является *альвеола* (легочный пузырек). Внутренняя поверхность альвеолы выстлана однослойным эпителием; снаружи она оплита легочными капиллярами. Внутренняя поверхность альвеол покрыта пленкой из фосфолипида – *сурфактантом*, которая препятствует слипанию их стенок в период выдоха за счет снижения поверхностного натяжения жидкости (рис. 94).

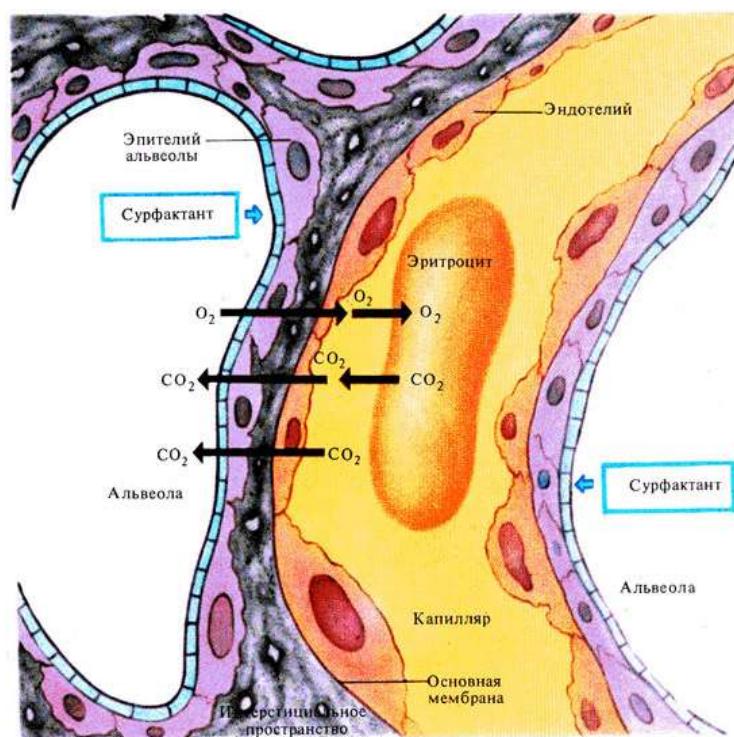


Рисунок 94 – Барьер между кровью и альвеолярным воздухом

- Дыхание включает в себя следующие процессы (рис. 95):
 - 1) обмен газами между внешней средой и альвеолами легких (внешнее дыхание);
 - 2) обмен газами между альвеолярным воздухом и кровью (диффузия газов в легких);
 - 3) транспорт газов кровью;
 - 4) обмен газами между кровью и тканями (диффузия газов в тканях);
 - 5) потребление кислорода клетками и выделение ими углекислого газа (внутреннее, тканевое дыхание).

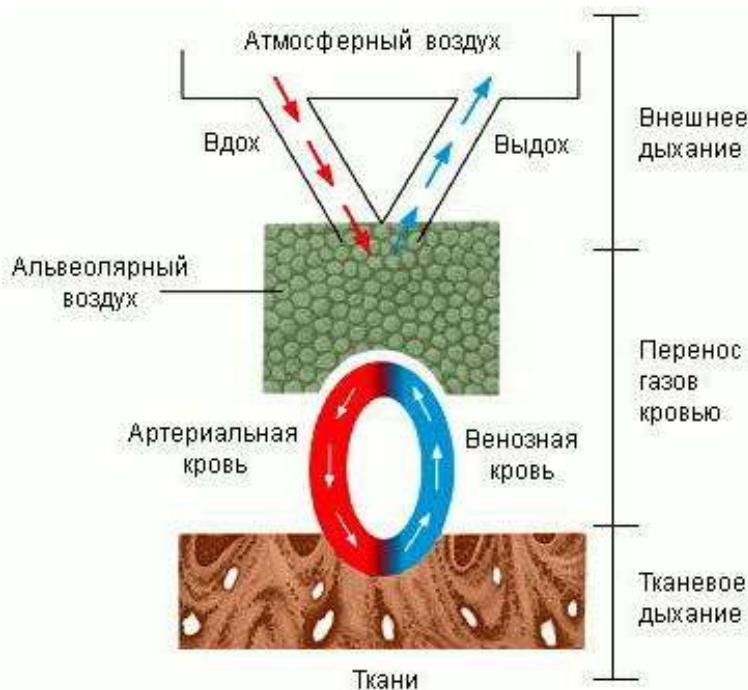


Рисунок 95 – Газообмен между внешней средой и организмом (этапы дыхания)

В основе дыхательной функции лежат тканевые окислительно-восстановительные процессы, обеспечивающие обмен энергии в организме.

Сущность дыхания заключается в обеспечении процессов, при помощи которых животные потребляют кислород, отдают диоксид углерода и переводят энергию в форму, доступную для биологического использования. Поступающий из окружающей среды кислород доставляется к клеткам, где он связывается с углеродом и водородом, которые отщепляются от высокомолекулярных веществ. Конечными продуктами превращений веществ являются диоксид углерода и вода, которые содержат кислород. Кислород обеспечивает биохимические окислительные процессы, освобождающие энергию. При прекращении окислительных процессов животные погибают.

3.2.2. Внешнее дыхание

Газообмен протекает в легочных альвеолах, которые тесно соприкасаются с сосудистыми капиллярами. Обмен газами между внешней средой и альвеолами легких называется **легочной вентиляцией**. Она обеспечивается за счет актов вдоха и выдоха. Дыхательные движения совершаются с помощью дыхательных мышц и диафрагмы.

При **вдохе** сокращается вдыхательная мускулатура, что обеспечивает поднятие или отведение ребер, а также диафрагма, которая смещается в сторону брюшной полости и становится конусовидной (рис. 96). В результате объем грудной клетки увеличивается, понижается давление в плевральной полости и в легких и воздух из окружающей среды поступает в легкие. Во вдыхаемом воздухе содержится 20,97 % кислорода, 0,03 % диоксида углерода и 79 % азота.

При **выдохе** сокращаются экспираторные мышцы, что обеспечивает возвращение ребер и диафрагмы в исходное положение. При этом объем грудной клетки уменьшается, повышается давление в плевральной полости и в легких и часть альвеолярного воздуха вытесняется из легких наружу. В выдыхаемом воздухе содержится 16,3 % кислорода, 4 % диоксида углерода и 79,7 % азота.

В механизме вдоха и выдоха большое значение имеет эластическая тяга легких, т. е. стремление легких уменьшить свой объем. Она обусловлена наличием эластических волокон в стенке альвеол и поверхностным натяжением пленки (сурфактанта), покрывающей внутреннюю поверхность альвеол.

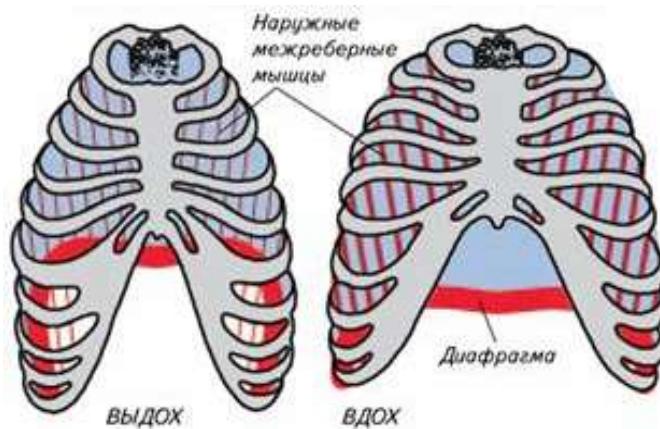


Рисунок 96 – Расположение ребер и диафрагмы при вдохе и выдохе

- У животных различают 3 типа дыхания:
 - 1) *грудное (реберное) дыхание* – при вдохе преобладает сокращение наружных межреберных мышц;
 - 2) *брюшное (диафрагмальное) дыхание* – вдох происходит в основном за счет сокращения диафрагмы;
 - 3) *грудобрюшное (реберно-брюшное) дыхание* – вдох происходит за счет сокращения межреберных мышц, диафрагмы и брюшных мышц. Этот тип дыхания характерен для сельскохозяйственных животных.

Объем выдыхаемого в покое воздуха называется **дыхательным воздухом**. Вдыхаемый сверх данного объема воздух называется **дополнительным воздухом**. После нормального выдоха животные могут выдохнуть приблизительно такое же количество воздуха, который называется **резервным воздухом**. Дыхательный, дополнительный и резервный объемы воздуха составляют **жизненную емкость легких**.

При максимальном выдохе в легких еще остается немного воздуха, который называется **остаточным воздухом**. Жизненная емкость легких и остаточный воздух составляют **общую емкость легких**.

Количество воздуха, проходящего через легкие за 1 минуту, называется **минутным объемом легочной вентиляции**. Минутный объем легких зависит от частоты дыхания, жизненной емкости легких, интенсивности работы, характера рациона и патологического состояния легких.

3.2.3. Транспорт газов кровью

Кровь служит переносчиком *кислорода* из альвеолярного воздуха к тканям и *диоксида углерода* от тканей к легочным альвеолам (*рис. 97*).

Кислород в крови незначительно поглощается плазмой, а основная его часть переходит в эритроциты, где связывается с гемоглобином и образуется *оксигемоглобин* (HbO_2), который транспортируется артериальной кровью до тканей. Связывание кислорода гемоглобином зависит от содержания кислорода в крови и является легкообратимым процессом. При понижении содержания кислорода оксигемоглобин отдает кислород, который переходит в ткани.

На связывание кислорода гемоглобином влияет наличие диоксида углерода. Поступление CO_2 из тканей в кровь облегчает освобождение кислорода из оксигемоглобина и переход его в ткани, а выде-

ление из крови CO_2 в легких способствует связыванию кислорода гемоглобином.

В снабжении мышц кислородом важную роль играет миоглобин, который дополнительно связывает кислород.

Количество кислорода, которое может быть связано 100 мл крови, составляет *кислородную емкость крови*.

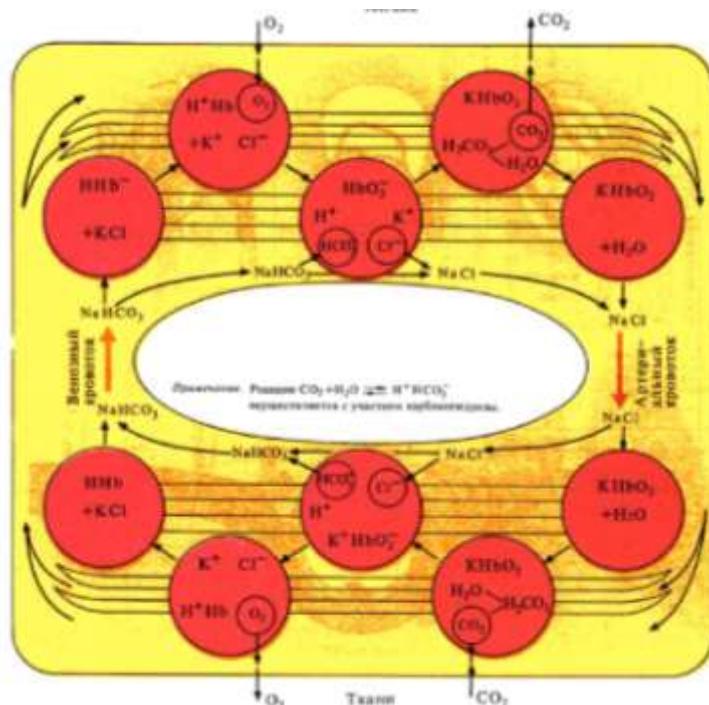


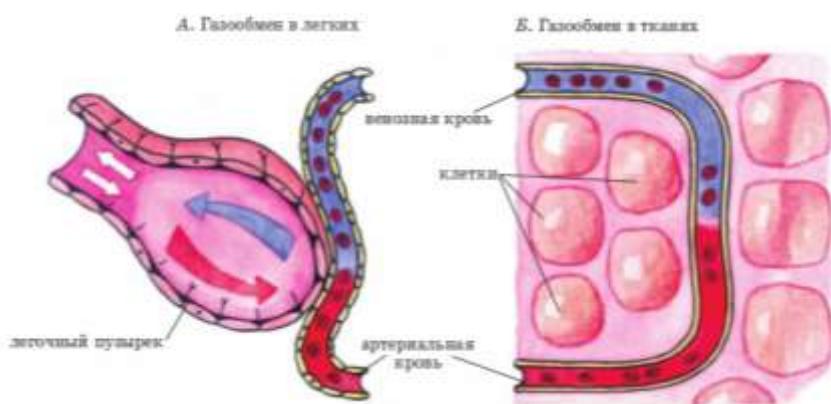
Рисунок 97 – Перенос газов кровью и газообмен в легких и тканях

Углекислый газ содержится в венозной крови. Наибольшая его часть содержится в плазме и эритроцитах в виде *угольной кислоты*, часть находится в растворенном состоянии и часть связана с гемоглобином в виде *карбогемоглобина*.

Диоксид углерода поступает из тканей в кровь капилляров большого круга кровообращения, так как содержание CO_2 в тканях выше его содержания в артериальной крови. Затем он проникает внутрь эритроцитов, где часть его образует соединение с гемоглобином – *карбогемоглобин*, а другая часть под действием фермента карбоангиразы превращается в угольную кислоту. Угольная кислота быстро распадается на ионы водорода и HCO_3^- . Из эритроцитов HCO_3^- поступает в плазму крови, где соединяется с NaCl или KCl , образуя соли угольной кислоты: NaHCO_3 и KHCO_3 . В виде этих соединений диоксид углерода транспортируется венозной кровью от тканей к легким.

3.2.4. Диффузия газов в легких и тканях. Внутреннее дыхание

Диффузия газов в легких между альвеолярным воздухом и кровью капилляров малого круга кровообращения происходит в результате разности процентного содержания кислорода и диоксида углерода. Концентрация кислорода в альвеолярном воздухе выше, чем в венозной крови. В результате этого кислород по закону диффузии легко переходит из альвеол в кровь, при этом кровь становится артериальной. Концентрация диоксида углерода выше в венозной крови, чем в альвеолярном воздухе. В результате этого диоксид углерода по закону диффузии проникает из крови в альвеолы (рис. 98).



Диффузия газов в тканях заключается в отдаче кровью кислорода и поглощении ею углекислого газа. В тканях кислород освобождается из непрочного соединения с гемоглобином эритроцитов и по закону диффузии проникает в клетки, так как концентрация кислорода в артериальной крови выше, чем в тканях. В тканях кислород используется на окисление органических соединений с образованием диоксида углерода. Концентрация диоксида углерода в тканях возрастает и становится выше, чем в притекающей к ним крови, поэтому по закону диффузии он переходит из тканей в кровь. Она насыщается диоксидом углерода и становится венозной.

Количество кислорода, которое получают ткани из общего содержания в артериальной крови, выраженное в процентах, называется **коэффициентом утилизации кислорода**.

Внутреннее (клеточное) дыхание происходит в клетках и вне-клеточном веществе. Оно включает следующие процессы:

- 1) отдачу водорода, или дегидрирование;
- 2) присоединение кислорода;
- 3) перенос электрона, или перемену валентности.

В процессе дегидрирования ферменты дегидразы активируют водород, входящий в состав окисляющегося вещества. Затем к водороду присоединяется кислород и образуется вода. Эта реакция происходит при участии железосодержащих дыхательных ферментов. Участие принимают также ферменты пероксидаза и оксидаза. Оксидаза легко присоединяет молекулярный кислород, при этом образуется перекись. Атом кислорода отщепляется от перекиси и переносится к другим окисляемым веществам при помощи фермента пероксидазы.

В клеточном дыхании большую роль играет цитохромная система. Цитохромы являются переносчиками водорода.

Многие ферменты, участвующие в клеточном дыхании, являются производными витаминов группы В. Также в восстановительно-окислительных процессах в клетках принимает участие витамин С.

3.2.5. Регуляция дыхания

Дыхание является саморегулирующимся процессом. *Дыхательный центр* расположен в ретикулярной формации продолговатого мозга, в области дна четвертого мозгового желудочка. Он состоит из скопления нервных клеток, образующих *центры вдоха и выдоха*. В варолиевом мосту, который является частью заднего мозга, находятся ядра дыхательных нейронов, образующих *пневмотаксический центр*. Этот центр контролирует деятельность центров вдоха и выдоха. Во время вдоха он вызывает возбуждение нейронов центра выдоха и таким путем обеспечивает смену вдохов и выдохов (рис. 99).

Дыхательная мускулатура и диафрагма получают нервные импульсы из дыхательного центра. Отростки нейронов дыхательного центра образуют диафрагмальные и межреберные нервы. В коре головного мозга есть центр, приспособляющий дыхание к изменяющемуся состоянию организма.

От легких по блуждающим нервам к дыхательному центру передаются центростремительные импульсы. Рецепторы в легких и респираторные мышцы возбуждаются при растяжении и сжатии легких

во время вдоха и выдоха. Импульсы, возникающие в легких во время вдоха, поступают в дыхательный центр и тормозят вдох, а при выдохе тормозят выдох. В этом заключается механизм саморегуляции дыхания.

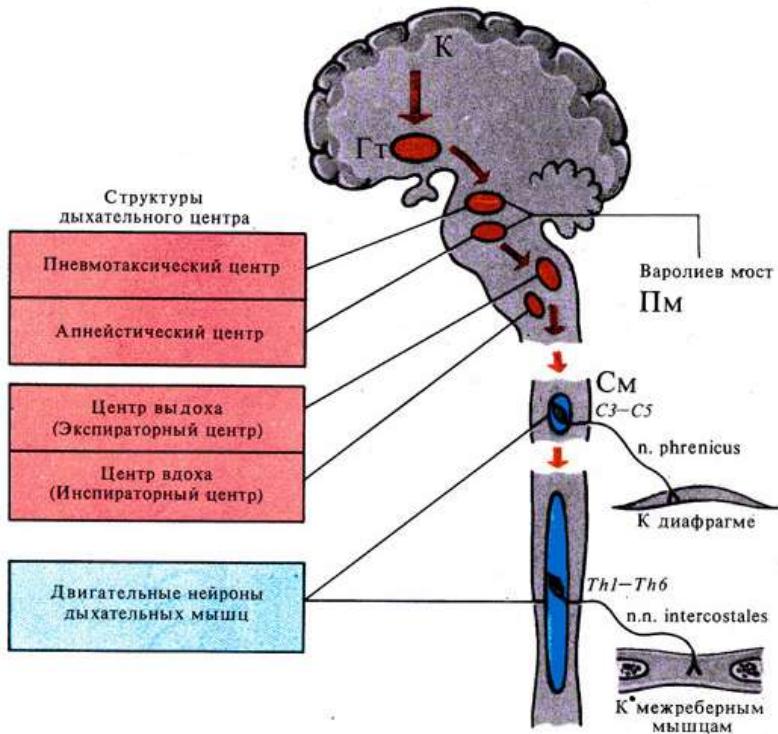


Рисунок 99 – Дыхательный центр и нервные структуры, участвующие в обеспечении дыхания: К – кора мозга; Гт – гипоталамус; Пм – продолговатый мозг; См – спинной мозг; С – шейный отдел; Th – грудной отдел

Возбудимость дыхательного центра изменяется под влиянием нервных импульсов, поступающих по симпатическим нервам. При их раздражении возбудимость дыхательного центра усиливается, а дыхание учащается.

Нейроны дыхательного центра обладают *автоматией*, т. е. автоматическим возбуждением. Недостаток кислорода и накопление диоксида углерода в крови приводят к возбуждению дыхательного центра и к ускорению ритма дыхания, что обеспечивает снабжение организма О₂ и удаление из него СО₂. Диоксид углерода, ионы водорода и гипоксия вызывают усиление дыхания, что связано с их воздействием через кровь на нейроны дыхательного центра, а также на хеморецепторы, которые находятся в стенке дуги аорты.

Дыхательный центр возбуждается также под влиянием раздражений, идущих из сосудистых рефлексогенных зон в результате из-

менения химического состава крови (накопление CO_2 , недостаток O_2 , изменение концентрации ионов водорода).

Ритм дыхания изменяется под действием болевых реакций, холода, повышения температуры воздуха.

3.2.6. Влияние различных факторов на процесс дыхания

Частота дыхательных движений у разных животных зависит от возраста, вида животных, уровня обмена веществ в организме, от температуры окружающей среды и атмосферного давления.

У новорожденных животных дыхание более частое, но с возрастом частота дыхания уменьшается.

Физическая работа, эмоциональное возбуждение, повышение температуры воздуха, пищеварение учащают дыхание. Во время сна дыхание более редкое. С увеличением частоты дыхания его глубина уменьшается. Частота и глубина дыхания зависят и от интенсивности обмена веществ. У высокопродуктивных коров частота дыхания выше.

Избыток CO_2 в крови и сдвиги pH в кислую сторону приводят к углублению дыхания. Недостаток кислорода в крови учащает дыхание. При повышении температуры воздуха дыхание также учащается. При понижении температуры воздуха частота дыхания уменьшается, а глубина дыхания увеличивается, что связано с более рациональным расходованием тепла через дыхательные пути и обогреванием выдыхаемого воздуха.

Во время *физической работы* вентиляция легких усиливается, частота дыхания нарастает. В начале напряженной работы мышц количество кислорода оказывается недостаточным для удовлетворения возросших потребностей в нем. В результате этого образующаяся молочная кислота не может полностью окислиться до H_2O и CO_2 , она быстро накапливается в мышцах и поступает в кровь. Накопившаяся в мышцах молочная кислота вытесняет угольную кислоту из ее связи с ионами натрия и калия, в результате чего увеличивается содержание диоксида углерода в крови и возбуждается дыхательный центр.

Влияние *атмосферного давления* на процесс дыхания связано с тем, что его понижение на большой высоте ведет к снижению содержания кислорода в альвеолярном воздухе. В результате этого падает насыщение крови кислородом и наступает недостаточное снабжение тканей кислородом из-за недостаточного поступления кислорода из воздуха в кровь.

Острое кислородное голодание может приводить к потере сознания. У животных, не адаптировавшихся к горной местности, возникает одышка и происходит «вымывание» углекислого газа из организма со сдвигом кислотно-щелочного равновесия в щелочную сторону. Возникает газовый алкалоз и возбудимость дыхательного центра падает. Снижение насыщения крови кислородом вызывает спазм кровеносных сосудов и прекращение биоэлектрической активности нейронов головного мозга.

В условиях гипоксии у животных из кровяных депо выходят в циркулирующую кровь эритроциты, а затем под влиянием гормона эритропоэтина усиливается кроветворение.

На больших высотах организм испытывает недостаток не только кислорода в крови и тканях, но и диоксида углерода. Возбудимость дыхательного центра понижается, поэтому дыхание усиливается незначительно.

Для животных, обитающих на больших высотах, характерно высокое содержание гемоглобина в крови.

Влияние *барометрического давления* на процесс дыхания связано с тем, что при спуске на глубину давление воздуха увеличивается, поэтому азот воздуха в значительном количестве поступает в кровь. При быстром переходе от высокого давления к низкому азот быстро выделяется из крови, образуя в ней пузырьки, которые могут закупорить кровеносные сосуды. Поэтому изменять давление нужно медленно, чтобы азот постепенно выделялся из крови в воздух легких.

Лабораторное занятие 5. Физиология пищеварения

Цель занятия: ознакомиться с фистульной методикой и методами получения слюны у разных животных. Изучить физико-химические и ферментативные свойства слюны.

5.1. Методы получения слюны

Фистула околоушной слюнной железы у собаки

Собаку фиксируют в спинном или боковом положении и наркотизируют. Шерсть на соответствующей стороне щеки выбирают. Широко раскрывают рот животного, выворачивают щеку и на ее слизистой оболочке отыскивают папиллу околоушного протока (на фоне слизистой папилла обычно невелика). В отверстие протока вводят тонкий зонд из стальной проволоки. Зонд вводят в проток на глубину 5–6 см вначале перпендикулярно к слизистой оболочке, а затем параллельно зубному краю верхней челюсти. Не вынимая зонда из протока, на слизистую оболочку накладывают две лигатуры. Затем ножницами делают позади лигатур круговой надрез (диаметром примерно 1 см) слизистой оболочки вокруг отверстия папиллы. Вырезав кружок слизистой оболочки, осторожно препарируют проток ножницами, стараясь не поранить его и не перерезать проходящие здесь мелкие кровеносные сосуды. После того как проток будет отпрепарирован на расстояние 2–3 см, зонд вынимают из протока.

Скалpelем прокалывают щеку изнутри наружу. С помощью пинцета через отверстие выводят лигатуры и отпрепарированную часть протока с участком слизистой оболочки. Затем слизистую оболочку подшивают 4–5 стежками шелка к краям кожной раны, а внутри рта рану слизистой оболочки зашивают непрерывным швом (*рис. 100, 101, 102*).

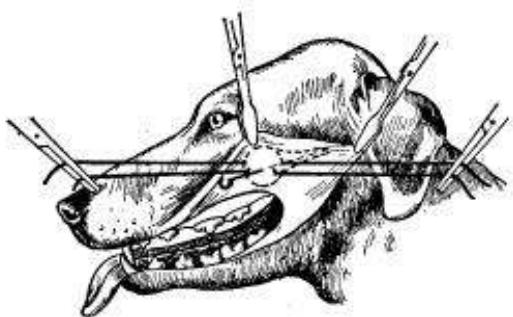


Рисунок 100 – Наложение фистулы на проток околоушной слюнной железы у собаки: в проток введен зонд. Впереди и сзади отверстия протока наложены лигатуры



Рисунок 101 – Выведенный кусочек слизистой рта с отверстием протока

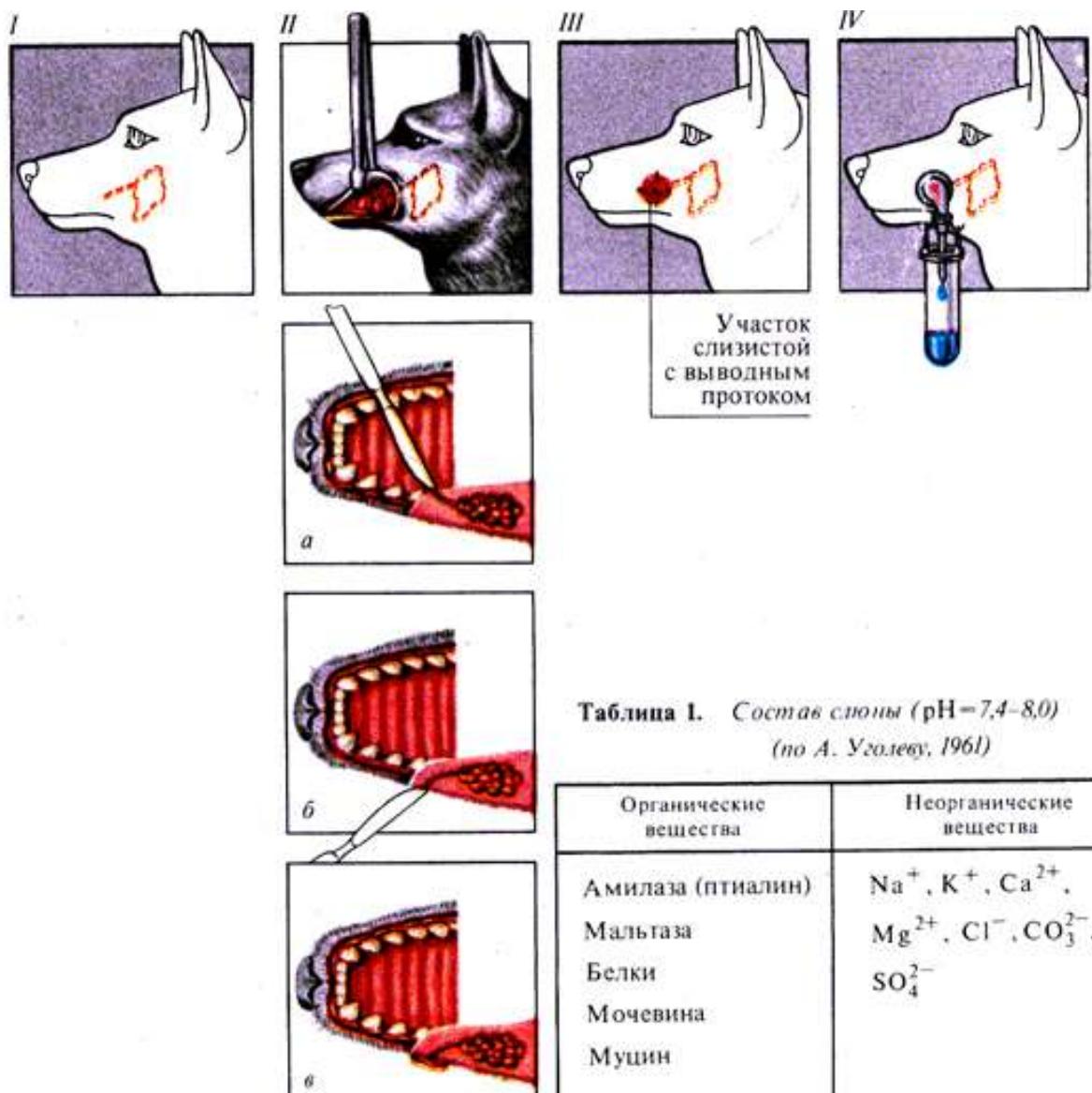


Рисунок 102 – Схема операции наложения фистулы слюнной железы (по И.П. Павлову и Д. Глинскому):

I и II – расположение слюнной железы и выводного протока; III – проток, выведенный наружу; IV – методика сбора слюны; а, б, в – верхняя челюсть в горизонтальном разрезе (препаровка протока)

Фистула околоушной слюнной железы у крупного рогатого скота

Животное фиксируют в лежачем положении и проводят местное обезболивание. Отступив 3–4 см от края нижней челюсти, делают продольный или поперечный разрез кожи длиной 3–4 см. Находят проток околоушной железы, который лежит у переднего края жевательного мускула на уровне четвертого коренного зуба, и, наложив лигатуру на проток как можно ближе к щеке, перерезают его и центральный участок подхватывают двумя лигатурами – передней и задней.

Отпрепарировав кожу с подкожной клетчаткой книзу от разреза, делают прокол кожи скальпелем. В прокол с внутренней стороны выводят перерезанный центральный участок протока. В связи с тем, что выделение слюны идет непрерывно, Г.И. Лазарев предложил вводить в проток Т-образную канюлю, чтобы во время опыта слюна шла наружу, а вне опыта в ротовую полость, тем самым предотвращая потерю высокощелочной слюны. Для этого в продольный разрез отпрепарированного протока вставляют канюлю, один конец которой направляют к щеке, а другой к железе. Канюлю укрепляют лигатурами, накладываемыми на проток и подлежащие ткани. Свободный конец канюли выводят в операционную рану. На кожу с подлежащими тканями накладывают узловатые швы.

5.2. Выделение муцина из слюны

Муцин – слизистое белковое вещество, которое придает слюне вязкость, тягучесть и выполняет обволакивающую функцию. Слюна из подчелюстных и подъязычных желез богата муцином. Околоушные железы продуцируют его в меньшем количестве.

Цель работы: установить наличие муцина в слюне.

Материалы и оборудование: слюна человека, свиньи, жвачных, дистиллированная вода, 10 %-й раствор уксусной кислоты, штатив с пробирками.

Ход работы: для выделения муцина из слюны пользуются методом осаждения.

Берут три пробирки. В первую наливают 1 мл слюны человека, во вторую – 1 мл слюны свиньи, в третью – 1 мл слюны жвачных и добавляют во все пробирки по 1 мл дистиллированной воды. Пробирки встряхивают, вносят в каждую по 10 капель 10 %-го раствора уксусной кислоты, перемешивают и ставят в штатив на 10–15 мин.

Если в пробирке появляется беловатый слизистый осадок, то это свидетельствует о наличии муцина.

Дать качественную оценку о наличии муцина в слюне человека и разных видов животных и записать выводы.

5.3. Определение вязкости слюны

Цель работы: определить вязкость слюны различных животных.

Материалы и оборудование: слюна животных (жвачных, свиньи) и человека, дистиллированная вода, вискозиметр, пипетки.

Ход работы: вязкость слюны определяют двумя методами: с помощью пипетки и вискозиметра. Для определения вязкости с помощью пипетки набирают в нее до определенной метки воду и определяют время ее вытекания. Затем таким же путем определяют время вытекания слюны. Устанавливают, во сколько раз скорость вытекания воды больше скорости вытекания слюны. Эта цифра показывает относительную характеристику вязкости слюны.

Для определения вязкости слюны с помощью вискозиметра в одну пипетку набирают слюну, в другую воду. Открывают краник пипетки и по скорости движения жидкостей судят об относительной вязкости слюны, приняв вязкость воды за единицу.

Определить вязкость слюны жвачных, свиньи и человека, дать оценку и объяснения разности вязкости, записать выводы.

5.4. Определение щелочности слюны

Слюна животных имеет щелочную реакцию, которая обусловлена наличием в слюне щелочных солей, главным образом бикарбонатов натрия и калия. Особенно большое количество их содержится в слюне жвачных, pH ее в среднем равна 8,1. Щелочность слюны имеет важное значение в нейтрализации кислот, образующихся при брожении корма в рубце. Слюна свиньи содержит меньше щелочных солей: pH ее около 7,3. Щелочность слюны человека равна 6,8–7,4.

Цель работы: освоить методику качественного определения щелочности слюны.

Материалы и оборудование: слюна животных (жвачных, свиньи) и человека, лакмусовая бумага.

Ход работы: качественное определение щелочности слюны проводят индикаторным методом с помощью лакмусовой бумаги. Легкое визуальное определение pH происходит из-за свойств лакмуса – специального вещества, которым пропитывают бумагу. Это вещество природного происхождения меняет цвет в зависимости от кислотно-

щелочного баланса среды. В кислой среде лакмусовая бумажка приобретает красный цвет, а в щелочной – синий.

Для проведения теста pH среды на 2–3 секунды помещают индикаторную полоску в жидкую среду (слону), чьи показатели необходимо выяснить. Через 15 секунд смотрят на результат. Цвет, который появился, сравнивают с универсальной цветовой шкалой. Совпадение цветов указывает на определенный уровень pH.

Определить щелочность слюны жвачных, свиньи и человека, записать выводы.

5.5. Действие ферментов слюны на углеводы

В слюне содержатся ферменты: α -амилаза, расщепляющая крахмал до мальтозы, и α -глюкозидаза, переводящая мальтозу в глюкозу. Слюна человека богата этими ферментами, слюна свиньи содержит их меньше, в слюне собаки и лошади они встречаются в виде следов, в слюне жвачных ферментов не обнаружено.

Цель работы: изучить ферментативные свойства слюны различных животных, влияние pH среды и температуры на активность ферментов слюны.

Материалы и оборудование: слюна животных (жвачных, свиньи) и человека, вареный крахмал, сырой крахмал, 10 %-й раствор едкого натрия, 1 %-й раствор медного купороса, раствор Люголя или йода, 1 %-й раствор соляной кислоты, термостат, холодильник, пробирки, пипетки, спиртовка.

Ход работы: амилолитические ферменты слюны расщепляют крахмал до глюкозы. Для изучения ферментативных свойств слюны проводят опыт по схеме, приведенной в таблице.

Затем все пробирки вынимают одновременно из термостата и холодильника, содержимое каждой пробирки делят на две равные части и проводят пробу на крахмал и на сахар.

Номер пробирки	Содержимое пробирки	Условия опыта	Результат реакции	
			крахмал	сахар
1	2	3	4	5
1	1 мл слюны жвачных + 2 мл вареного крахмала	Поставить в термостат при $t = 38^{\circ}\text{C}$ на 10 минут		
2	1 мл слюны человека + 2 мл вареного крахмала			

Окончание табл.

1	2	3	4	5
3	1 мл слюны свиньи + 2 мл вареного крахмала			
4	1 мл слюны человека, под- кисленной 1 %-м раствором соляной кислоты + 2 мл вареного крахмала			
5	1 мл прокипяченной слюны человека + 2 мл вареного крахмала			
6	1 мл слюны свиньи + 2 мл сырого крахмала			
7	1 мл слюны человека + 2 мл вареного крахмала	Поставить в холодильник на 10 минут		

Проба на крахмал. Пробу на крахмал проводят с раствором Люголя или слабым раствором йода, которые добавляют по 2–3 капли в каждую пробирку. Появление синего цвета указывает на наличие крахмала.

Проба на сахар по Троммеру. К содержимому пробирки добавляют половину объема 10 % -го раствора едкого натрия и по каплям вносят 1 %-й раствор медного купороса до ясно-синего окрашивания жидкости. Содержимое пробирки нагревают до кипения. Наличие бурого окрашивания свидетельствует о расщеплении крахмала до сахаров.

Записать выводы по полученным результатам.

5.6. Методы получения желудочного сока

Метод носо-пищеводного зондирования у лошадей

Для взятия желудочного содержимого используют носо-пищеводный зонд из эластичной резины, бутыль и аппарат, создающий разряжение (шприц Жанэ) (рис. 103). Порции содержимого берут натощак и через 20–45 мин после дачи пробного завтрака.

Носо-пищеводный зонд, предварительно продезинфицированный и смазанный вазелином, вводят через нижний носовой ход. Зонд вводят медленно, следя за актом глотания и синхронно с ним. При попадании зонда в пищевод ощущается значительное сопротивление стенок по-

следнего, а зонд прощупывается слева в нижней части шеи. При попадании зонда в трахею появляется беспокойство животного и кашель.

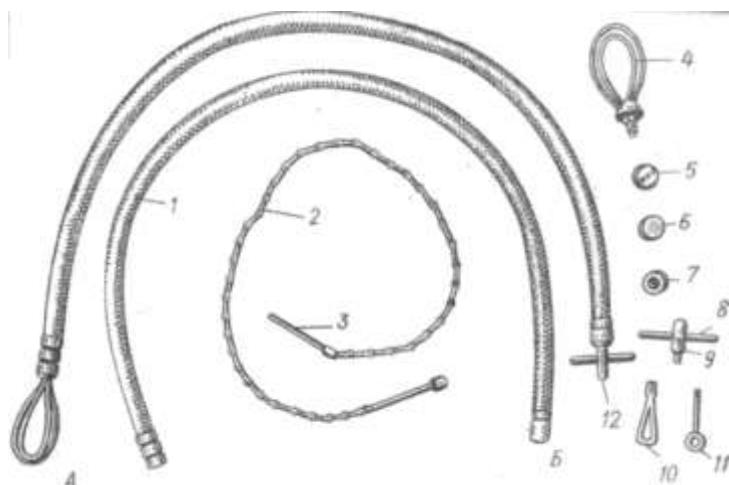


Рисунок 103 – Носо-пищеводный зонд (автор А.Л. Хохлов):
А – в собранном виде с раскрытыми петлевыми захватами; Б – в разобранном виде; 1 – остиов зонда из проволочной спирали, покрытой резиной с хлопчатобумажными прокладками; 2 – гибкая передача – шарнирная цепь; 3 – направляющий стержень; 4 – петлевые захваты в закрытом виде; 5 – наконечник для введения лекарств; 6 – наконечник для проталкивания инородных тел и промывания преджелудков; 7 – наконечник для проталкивания инородных тел и промывания преджелудков; 8 – ручка зонда; 9 – винт для крепления ручки; 10 – отвертка; 11 – шток; 12 – хвостовой винт

Метод мнимого кормления по Павлову (операция эзофаготомии у собак)

Операцию проводят под общим наркозом. Животное фиксируют на спине. Операционное поле выбирают и дезинфицируют. По средней линии шеи на расстоянии 2–3 см ниже гортани делают разрез кожи длиной 10–15 см. Затем находят пищевод, который расположен под трахеей с левой стороны. Отпрепарировав пищевод, выводят его в операционную рану и как можно ближе к желудку накладывают на него кисетный шов. Выше лигатуры пищевод перерезают, конец его со стороны рта подшивают в угол кожной раны. На мышцы и кожу накладывают узловатые швы (рис. 104).

При нормальном заживлении раны швы снимают через 7–8 дней. Опыт на собаке лучше ставить недели через две после операции.

Предварительно дней за 10–15 до эзофаготомии животному накладывают fistулу желудка по Басову.

Метод мнимого кормления позволяет получить натуральный желудочный сок в чистом виде.

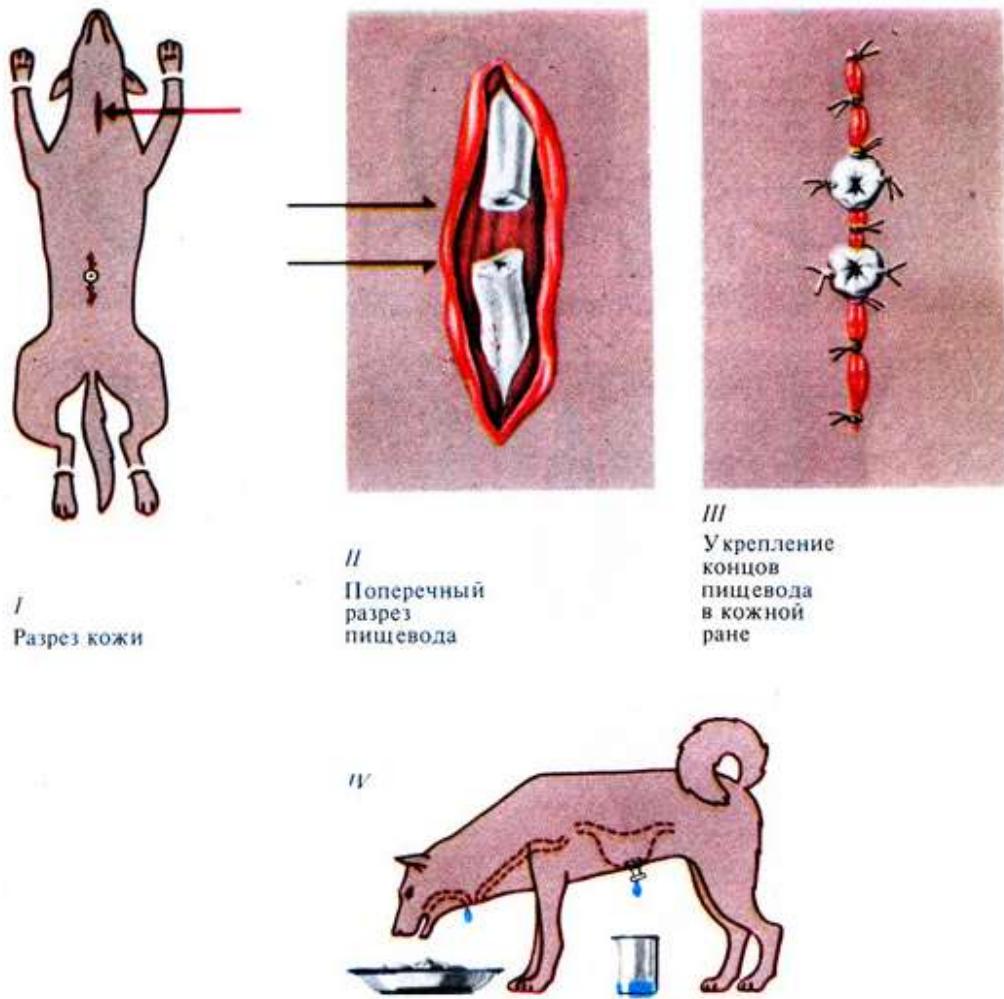


Рисунок 104 – Схема операции эзофаготомии (по И.П. Павлову): I–III – последовательные этапы операции; IV – опыт мнимого кормления

Операция наложения желудочной фистулы у собаки по Басову

Операцию делают под общим наркозом. Собаку фиксируют на спине, операционное поле выбивают и дезинфицируют. Отступив 2–3 см от мечевидного хряща, делают разрез по белой линии живота длиной 5–6 см. После вскрытия брюшной полости извлекают наружу желудок и фиксируют его марлевыми салфетками, смоченными в физиологическом растворе.

На середине передней стенки желудка ближе к большой кривизне накладывают серозно-мышечный кисетный шов, охватывающий участок в 3–4 см длиной и 1 см шириной. Внутри кисетного шва скальпелем делают разрез длиной 2 см, рассекая сначала серозно-

мышечный слой, а затем слизистую оболочку. Вскрывают полость желудка ножницами так, чтобы содержимое его не вышло на поверхность разреза. Растигают образовавшееся отверстие тупыми крючками и вводят в него металлическую канюлю. Кисетный шов затягивают вокруг фистулы и завязывают хирургическим узлом. Для лучшего укрепления фистулы накладывают второй кисетный шов, отступ 0,5 см от края первого шва, при затягивании которого первый кисетный шов погружается внутрь (*рис. 105, 106*).

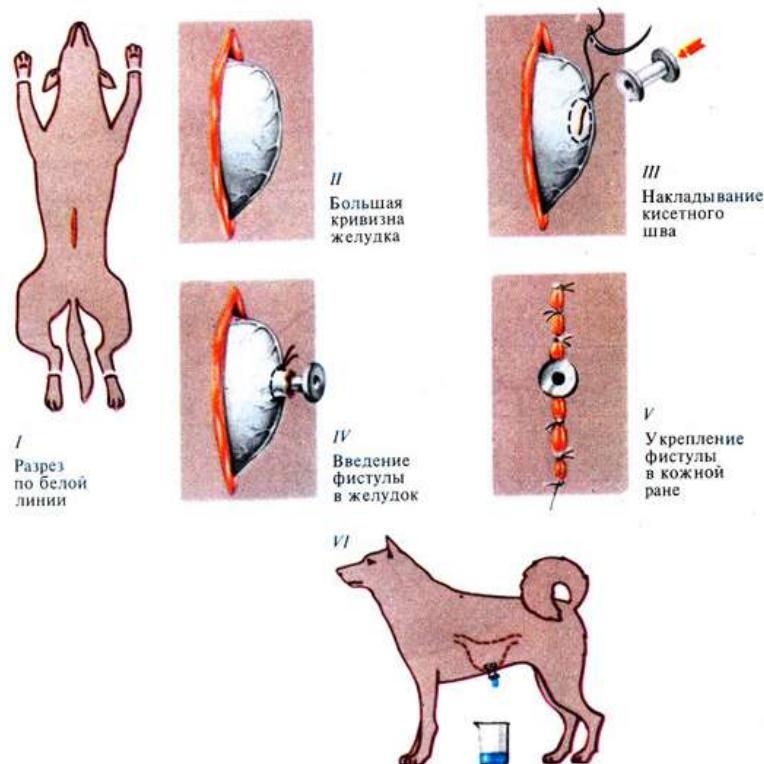
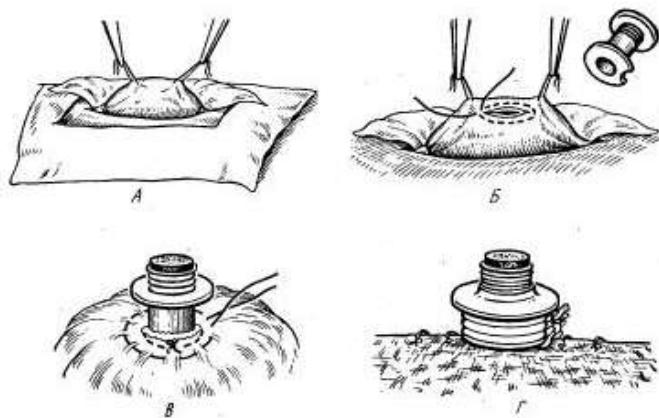


Рисунок 105 – Схема операции наложения фистулы желудка (по А. Басову): I – V – последовательные этапы операции; VI – сокоотделение из фистулы желудка



*Рисунок 106 – Этапы наложения желудочной фистулы
Желудок погружают в брюшную полость. По бокам фистульной*

трубы на мышечный слой стенки желудка накладывают две поддерживающих лигатуры, которые проводят через сальник и толщу брюшной стенки. Фистулу укрепляют в переднем углу раны. На рану послойно накладывают узловатые швы. Вначале шивают брюшину, затем мышцы и кожу. После закрытия брюшной раны завязывают поддерживающие лигатуры. Швы снимают через 6–7 дней.

Метод позволяет получить содержимое желудка, а также изучить моторную функцию желудка.

Операция изолированного желудочка у собаки по Гейденгайну

Животное подготавливают к операции, дают ему наркоз и фиксируют так же, как и при операции фистулы желудка. Разрез проводят по белой линии, отступив на 2–3 см от мечевидного хряща. Чтобы выкроить изолированный лоскут, извлекают желудок на поверхность и разрезают все слои стенки желудка. Для желудочка обычно выбирают область большой кривизны. В этом участке накладывают под углом на всю толщу желудка по два кишечных жома с каждой стороны. Обе пары жомов образуют треугольник, вершина которого направлена к малой кривизне желудка. Между каждой парой жомов оставляют расстояние в 3 см для разреза.

Разрез стенки желудка производят между жомами. Изолированный треугольный лоскут желудка обертывают марлевой салфеткой, смоченной физиологическим раствором. Стенки большого желудка шивают по линиям разреза послойно, вначале слизистую оболочку, а затем серозно-мышечный слой. После шивания стенок желудка с него снимают жомы и приступают к наложению швов на изолированный лоскут. Изолированный желудочек шивают послойно по линиям разреза, оставляя отверстие в 1–1,5 см на вершине треугольного лоскута. Оставленное отверстие выводят через брюшную стенку в передний или задний угол раны (*рис. 107, 108, А*). Брюшную стенку зашивают послойно. Сначала шивают брюшину, затем мышечный слой и, наконец, кожу. Связь между изолированным желудочком и большим желудком осуществляется посредством кровеносных сосудов брыжейки (*рис. 109, II*).

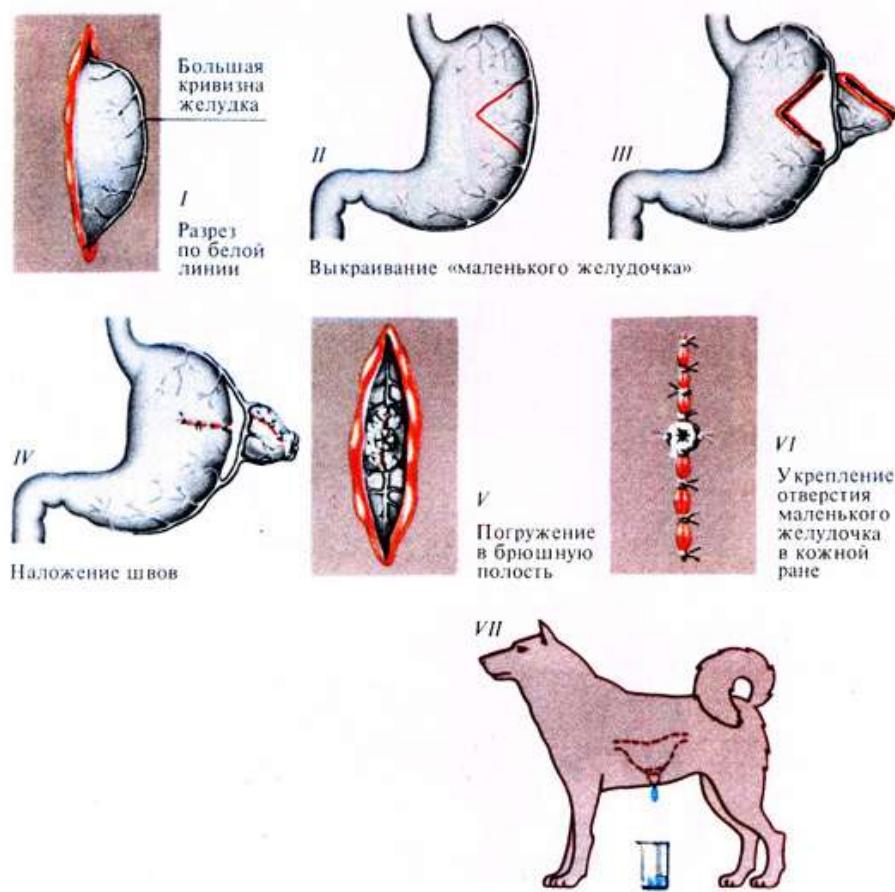


Рисунок 107 – Схема операции изолированного желудочка (по Р. Гейденгайну): I – VI – последовательные этапы операции, VII – сокоотделение из изолированного желудочка, связанныго с желудком общими сосудами

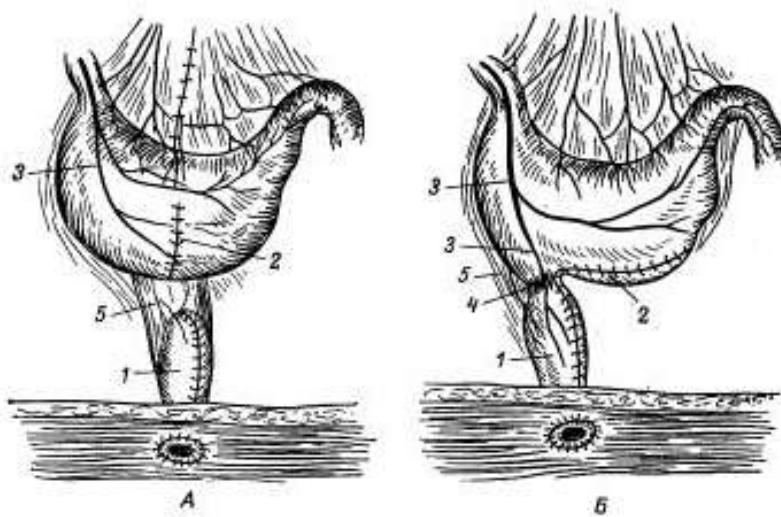
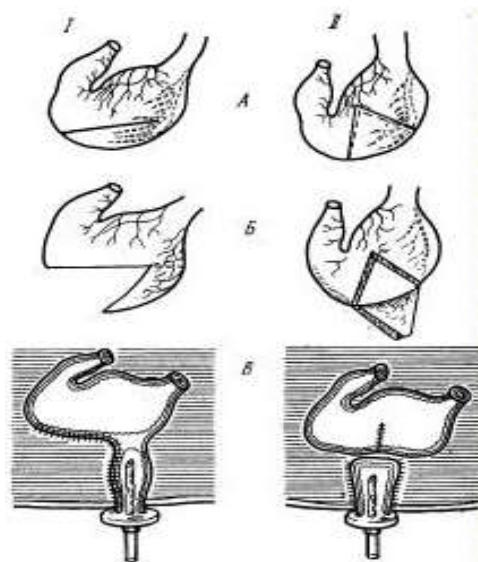


Рисунок 108 – Схема изоляции малого желудочка по Гейденгайну (А) и И.П. Павлову (Б): 1 – изолированный желудочек; 2 – линии разрезов; 3 – ветви блуждающего нерва; 4 – нервно-мышечная связь между большим и изолированным желудком по Павлову; 5 – брыжейка с сосудами, питающими изолированный желудочек



*Рисунок 109 – Схемы операций изолированного желудочка:
I – по Павлову; II – по Гейденгайну: А – линии отреза стенок желудка,
Б – участки будущего малого желудочка, В – расположение малого
и большого желудочков после операции*

На собаке с изолированным желудочком по Гейденгайну можно наблюдать только гуморальную (нейрохимическую) фазу желудочно-го сокоотделения, так как связи малого желудочка с центральной нервной системой нарушаются.

Операция изолированного желудочка у собаки по Павлову

Метод операции изолированного желудочка по Павлову отличается от метода Гейденгайна тем, что при выкраивании желудочка стенки перерезают не полностью, а оставляют перешеек, в котором слизистую оболочку пересекают, а серозную и мышечную оболочки оставляют целыми. В этом перешейке остаются неповрежденными нервы, снабжающие лоскут. Таким образом, желудочек сохраняет связь с большим желудком благодаря наличию иннервации и полностью отражает его работу.

Операцию проводят под общим наркозом. По белой линии живота, отступив 1,5–2 см от мечевидного хряща, делают разрез длиной 10–12 см. Желудок извлекают на салфетку, смоченную физиологическим раствором. В пилорической области желудка накладывают одну пару кишечных жомов параллельно большой кривизне. Расстояние между жомами 3–4 см. Делают разрез желудка через всю толщу от пилорической части к кардиальной, не достигая края на 4–6 см

(рис. 109 I, 110). Изолированный лоскут обертывают марлей и приступают к рассечению слизистой оболочки в области перешейка. Отделив слизистую оболочку, накладывают послойно швы на большой желудок, изолируя его таким образом от полости малого желудка. Затем накладывают шов на серозно-мышечный слой большого желудка и перешейка.

Полость изолированного желудочка сшивают послойно, оставляя отверстие в 1–1,5 см в верхнем конце лоскута. Оставленное отверстие выводят в операционную рану и укрепляют швами к краям брюшной стенки в переднем или заднем углу раны (рис. 108 Б). Кожную рану зашивают и дезинфицируют. Можно в изолированный желудочек вставить металлическую канюлю. Для этого изолированный лоскут зашивают полностью, а для фистульной трубы делают дополнительный разрез в передней стенке лоскута; в разрез вставляют канюлю и затягивают кисетным швом. Фистульную трубку выводят затем в операционную рану и закрепляют.

На павловском желудочке можно изучить как рефлекторную, так и гуморальную фазы желудочного сокоотделения, так как максимально сохраняется иннервация и кровоснабжение изолированного желудочка.

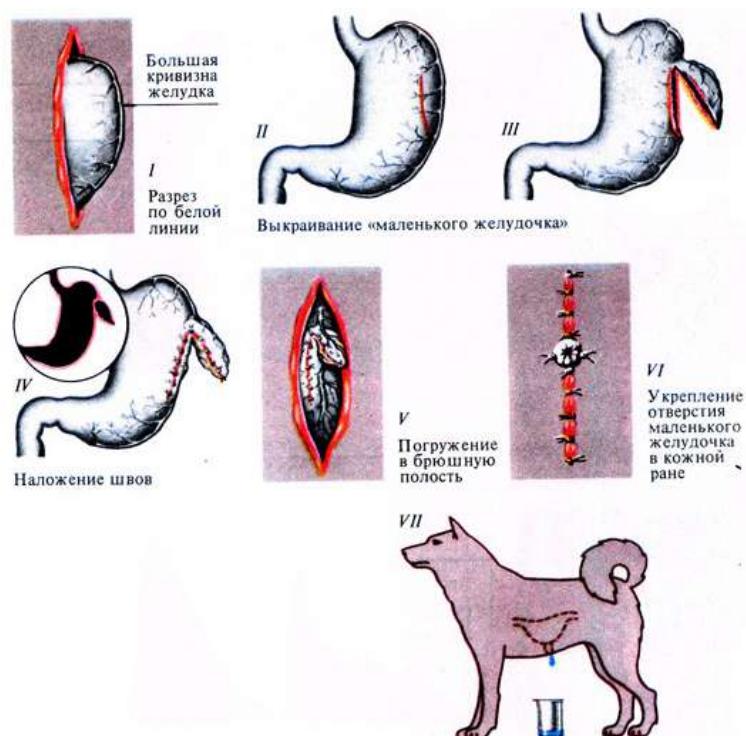


Рисунок 110 – Схема операции изолированного желудочка (по И.П. Павлову): I–VI – последовательные этапы операции, VII – сокоотделение из изолированного желудочка, связанного с желудком общими нервами

5.7. Определение кислотности желудочного сока

Реакция желудочного сока кислая (рН от 1,3 до 5–6). Она обусловлена в основном присутствием соляной кислоты, выделяемой железами желудка. Соляная кислота активизирует ферменты желудочного сока, создает условия для набухания белков, обладает бактерицидными свойствами.

Различают свободную и связанную соляную кислоту, что в сумме обозначается термином «общая соляная кислота». Общая соляная кислота вместе с небольшими количествами других органических кислот и фосфорнокислых солей составляет общую кислотность желудочного сока.

Цель работы: определить свободную, связанную, общую соляную кислоту и общую кислотность желудочного сока.

Материалы и оборудование: желудочный сок, 0,5 %-й раствор диметиламидоазобензола, 1 %-й раствор фенолфталеина, 0,1н раствор едкого натрия, стаканчики, бюретка.

Ход работы: в стаканчик наливают 5 мл желудочного сока и добавляют по 2 капли индикаторов (0,5 %-го раствора диметиламидоазобензола и 1 %-го раствора фенолфталеина). При этом появляется вишневое окрашивание. Титруют 0,1н раствором едкого натрия, в результате чего происходит изменение окраски вначале от вишневой до желтоватой, а затем до слабо-желтой, что указывает на нейтрализацию всей свободной соляной кислоты. Учитывают количество израсходованной щелочи на изменение окраски до слабо-желтого цвета и по нему делают расчет свободной соляной кислоты (n мл 0,1н NaOH умножают на 20, так как титруют 5 мл желудочного сока, а расчет ведется на 100 мл).

Титруют далее до появления ярко-желтого цвета, что является признаком полной нейтрализации соляной кислоты. Учитывают все количество щелочи, котороешло на титрование для перехода окраски от вишневой до ярко-желтой и по нему так же делают расчет общей соляной кислоты. По разнице общей и свободной соляной кислоты находят связанную соляную кислоту.

Титрование продолжают до розового окрашивания раствора (от фенолфталеина), не исчезающего в течение 1 мин. Отмечают уровень щелочи в бюретке и по нему определяют общую кислотность.

Содержание соляной кислоты выражают в условных тетрационных единицах – мл 0,1н NaOH, пошедших на титрование 100 мл сока,

или в абсолютных количествах HCl (зная, что 1 мл 0,1н NaOH нейтрализует 1 мл 0,1н HCl, а 1 мл 0,1н HCl содержит 0,00365 г HCl), т. е. в ммоль/л (единицы Си).

Пример расчета. При титровании до светло-желтого цвета пошло 1,8 мл NaOH, до ярко-желтого цвета – 2,9 мл NaOH, до розового цвета – 3,1 мл NaOH.

Полученные цифры умножают на 20 для пересчета кислотности на 100 мл сока.

Свободная HCl: $1,8 \times 20 = 36$ мл 0,1н NaOH.

Общая HCl: $2,9 \times 20 = 58$ мл 0,1н NaOH.

Связанная HCl: $58 \text{ мл} - 36 \text{ мл} = 22$ мл 0,1н NaOH.

Общая кислотность: $3,1 \times 20 = 62$ мл 0,1н NaOH.

Определить свободную, связанную, общую соляную кислоту и общую кислотность желудочного сока, сравнить с физиологической нормой (*табл. 8*), записать выводы.

Таблица 8 – Средние показатели общей кислотности и свободной соляной кислоты в желудочном соке (в тетрационных единицах)

Животное	Кислотность (HCl)	
	общая	свободная
Собака	30–80	20–45
Лошадь	25–40	16–30
Крупный рогатый скот	15–35	7–20
Свинья	50–80	40–70
Человек	20–30	до 15

5.8. Определение протеолитической активности желудочного сока

В желудочном соке содержатся следующие ферменты: протеолитические ферменты пепсин, катепсин и желатиназа, переваривающие белки до промежуточных продуктов, реннин (химозин), створаживающий белок молока – казеиноген; липолитический фермент (липаза), расщепляющий жир на глицерин и жирные кислоты.

В рубце жвачных корм подвергается значительным изменениям. Все процессы разложения пищи протекают в рубце за счет ферментов корма и разнообразных микроорганизмов растительного и животного происхождения. Клетчатка подвергается бактериальному брожению с

образованием молочной кислоты и летучих жирных кислот: уксусной, пропионовой, масляной. Сбраживаются крахмал, сахара. Инфузории расщепляют растительный белок, синтезируя из него белок своего тела.

Цель работы: изучить специфичность действия пепсина, роль соляной кислоты и рН в желудочном пищеварении.

Материалы и оборудование: желудочный сок, фибрин, 0,1н раствор соляной кислоты, 0,5 %-й раствор соды, 10 %-й раствор едкого натрия, 1 %-й раствор медного купороса, штатив с пробирками, пипетки, термостат, холодильник.

Ход работы: протеолитическую активность желудочного сока определяют качественными цветными реакциями, обнаруживающими продукты гидролиза. Опыт проводят по схеме, приведенной в таблице.

Через 25–30 мин с содержимым всех пробирок проводят биуретовую реакцию, которая свидетельствует о степени расщепления белка.

Биуретовая реакция. К содержимому пробирки добавляют 1 мл 10 %-го раствора едкого натрия и 3–4 капли 1 %-го раствора медного купороса, взбалтывают. При наличии белка появляется фиолетовое окрашивание, при наличии смеси пептидов – розовое.

Номер пробирки	Содержимое пробирки	Условия опыта	Результат реакции
1	3 мл желудочного сока + фибрин		
2	3 мл желудочного сока, нейтрализованного раствором NaHCO_3 + фибрин	Поставить в термостат при $t = 38^\circ\text{C}$ на 25–30 минут	
3	3 мл прокипяченного желудочного сока + фибрин		
4	3 мл 0,1н раствора соляной кислоты + фибрин		
5	3 мл желудочного сока + фибрин	Поставить в холодильник на 25–30 минут	

Дать оценку расщепления белка и записать выводы.

Лабораторное занятие 6. Физиология пищеварения

Цель занятия: ознакомиться с фистульной методикой и методами получения поджелудочного сока, кишечного сока и желчи у разных животных. Изучить физико-химические и ферментативные свойства поджелудочного и кишечного соков и желчи.

6.1. Методы получения поджелудочного сока

Операция фистулы протока поджелудочной железы у собаки по Павлову

После подготовки поля операции проводят разрез брюшной стенки по белой линии длиной 7–10 см. В разрез выводят двенадцатиперстную кишку и отыскивают большой панкреатический проток. С помощью тупого крючка проток отделяют от окружающих тканей. Затем вокруг места впадения протока в кишку надрезают небольшой овальный лоскут так, чтобы отверстие протока находилось в центре лоскута. Кусочек кишечной стенки с протоком оберывают марлей и откладывают в сторону.

Отверстие в двенадцатиперстной кишке зашивают двухэтажным швом по длине овала. Затем изнутри брюшной стенки, ближе к месту расположения поджелудочной железы, прокалывают брюшную стенку троакаром. Пинцетом захватывают кусочек кишки с протоком и выводят его через отверстие наружу. На двенадцатиперстную кишку по бокам вырезанного лоскута накладывают два поддерживающих шва, концы которых выводят через брюшную стенку или крепят внутрибрюшинно.

Лоскут кишки с протоком подшивают в ране к подлежащим тканям и к коже. На брюшину, мышечный слой и кожу накладывают швы.

Операция фистулы панкреатического протока у крупного рогатого скота по Жилову

Поджелудочная железа крупного рогатого скота имеет один выводной панкреатический проток, который открывается в двенадцатиперстную кишку позади ее изгиба, отдельно от желчного протока.

Оперируемое животное подвергают общему наркозу и фиксируют в левом боковом положении. Через продольный разрез длиной 7–10 см, в переднем углу правой голодной ямки, извлекают участок двенадцатиперстной кишки с прилегающей поджелудочной железой. Небольшой участок двенадцатиперстной кишки по обе стороны от

впадения панкреатического протока ограничивают наложением с каждой стороны двух серозно-мышечных кисетных швов. Изолированный участок кишки отсекают и в его стенку, с противоположной протоку стороны, вставляют фистульную трубку. Разрезанные концы отрезка зашивают с помощью дополнительных кисетных швов. Проходимость кишечника восстанавливают путем наложения бокового соусья или сшивания концов кишечника встык. В двенадцатиперстную кишку, позади энтеростомоза, вводят вторую фистульную трубку и выводят ее наружу через дополнительный прокол брюшной стенки или в операционную рану. Первую фистулу с поджелудочным протоком выводят в операционную рану и укрепляют. На брюшную стенку накладывают послойно узловатые швы. Снаружи обе фистульные трубы соединяют с помощью резиновой трубы и мостика (рис. 111).

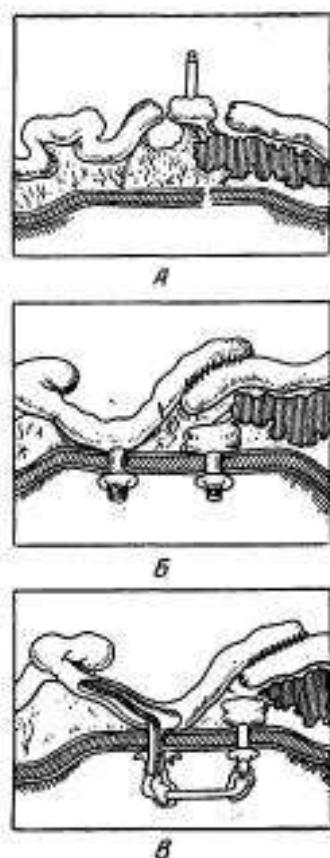


Рисунок 111 – Схема операции выведения протока поджелудочной железы по Жилову:

А – изолированный отрезок двенадцатиперстной кишки с протоком поджелудочной железы, в отрезок вставлена фистульная трубка;
Б – перерезанная двенадцатиперстная кишка сшита, в нее вставлена фистульная трубка; обе трубы выведены наружу; В – фистульные трубы соединены мостиком

Методика операции дает возможность во время опыта собирать поджелудочный сок; вне опыта сок без потерь поступает в кишечник, вследствие чего не происходит нарушения пищеварительных процессов.

Операция наложения фистулы на проток поджелудочной железы и желчный пузырь у овец по Куимову

Поджелудочная железа у овец имеет очень короткий проток, который на расстоянии 3–4 см от печени впадает в желчный проток. Общий желочно-панкреатический проток открывается в просвет двенадцатиперстной кишки (*рис. 112*).

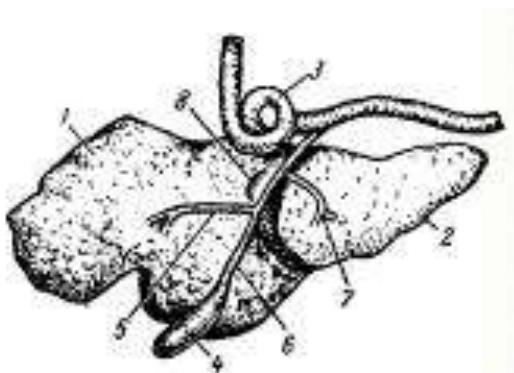


Рисунок 112 – Схема расположения протоков поджелудочной железы и желчного пузыря у овец:

1 – печень; 2 – поджелудочная железа; 3 – двенадцатиперстная кишка;
4 – желчный пузырь; 5 – проток печени; 6 – проток желчного пузыря;
7 – проток поджелудочной железы; 8 – место перевязки и разреза
желчного протока

Овцу под общим наркозом фиксируют в левом боковом положении. Разрез кожи производят в правом подреберье, параллельно последнему ребру. Послойно рассекают мышцы и брюшину. В разрез извлекают двенадцатиперстную кишку и отыскивают желочно-панкреатический проток. По обе стороны от него накладывают и затягивают по два серозно-мышечных шва, между которыми пересекают кишку. С помощью дополнительных кисетных швов концы изолированного отрезка кишки зашивают. В просвет образовавшегося мешочка вставляют фистульную трубку. Проходимость кишечника восстанавливают путем наложения бокового соустья (*рис. 114*) или сшивая встык. На двенадцатиперстную кишку ниже энтеростомоза накладывают вторую фистульную трубку. Третью трубку вставляют в желчный пузырь.

Желчный проток перевязывают выше места впадения в него протока поджелудочной железы (ближе к печени) и перерезают между лигатурами. В результате желчный пузырь с впадающим в него протоком печени оказывается изолированным от поджелудочной железы.

Фистульные трубы выводят наружу через проколы брюшной стенки. Рану зашивают послойно. Выведенные концы трех фистульных трубок соединяют между собой с помощью тройника и резиновых трубок. Вне опыта панкреатический сок и желчь поступают в кишечник. Во время опыта трубы разъединяют; панкреатический сок и желчь поступают раздельно в подвешенные пробирки. Фистульную трубку двенадцатиперстной кишки закрывают пробкой или ватным тампоном.

Операция позволяет изучать секрецию желчи и поджелудочного сока.

6.2. Определение протеолитической активности поджелудочного сока

Поджелудочная железа вырабатывает протеолитические, амиолитические и липолитические ферменты. Протеолиз (до аминокислот) осуществляют ферменты трипсин, хемотрипсин и карбоксиполипептидаза. Первые два ферmenta вырабатываются в неактивной форме и активируются энтерокиназой кишечного сока. Поджелудочная липаза расщепляет нейтральные жиры на моноглицериды, глицерин и жирные кислоты; активируется желчью. α -амилаза переваривает крахмал в дисахара и моносахара; выделяется в активной форме.

Цель работы: изучить действие поджелудочного сока на белки.

Материалы и оборудование: поджелудочный сок, фибрин, кусочек слизистой двенадцатиперстной кишки, 10 %-й раствор едкого натрия, 1 %-й раствор медного купороса, штатив с пробирками, пипетки, термостат.

Ход работы: берут три пробирки, в каждую кладут фибрин и добавляют в первую пробирку 3 мл поджелудочного сока, во вторую – 3 мл кипяченого поджелудочного сока, в третью – кусочек тонкого кишечника кролика (1 см) для активации фермента трипсина и 3 мл поджелудочного сока. Все пробирки ставят в термостат на 35–45 мин при $t = 38^{\circ}\text{C}$, после чего с содержимым каждой пробирки проводят биуретовую реакцию и дают оценку расщепления белка.

6.3. Определение амилолитической активности поджелудочного сока

Цель работы: изучить действие поджелудочного сока на углеводы.

Материалы и оборудование: поджелудочный сок, желудочный сок, вареный крахмал, сырой крахмал, 10 %-й раствор едкого натрия, 1 %-й раствор медного купороса, раствор Люголя или йода, термостат, пробирки, пипетки, спиртовка.

Ход работы: определение амилолитической активности поджелудочного сока проводят по схеме, приведенной в таблице.

Через 12–15 мин содержимое каждой пробирки делят на две части и для пробирок № 1, 2, 3 с одной частью проводят пробу на крахмал, с другой – пробу на сахар.

Для четвертой пробирки с одной частью проводят пробу на крахмал, а вторую часть ставят в термостат еще на 15 мин, после чего проводят пробу на сахар.

Номер пробирки	Содержимое пробирки	Условия опыта	Результат реакции
1	3 мл поджелудочного сока + 2 мл 1 %-го вареного крахмала	Поставить в термостат при $t = 38^{\circ}\text{C}$ на 12–15 минут	
2	3 мл прокипяченного поджелудочного сока + 2 мл 1 %-го вареного крахмала		
3	3 мл желудочного сока + 2 мл 1 %-го вареного крахмала		
4	3 мл поджелудочного сока + 2 мл 1 %-й взвеси сырого крахмала		

Сделать анализ данных и записать выводы.

6.4. Определение липолитической активности поджелудочного сока

Цель работы: изучить действие поджелудочного сока на жиры.

Материалы и оборудование: поджелудочный сок, желчь, подсолнечное масло, индикатор фенолфталеин, термостат, пробирки, пипетки.

Ход работы: липолитическая активность поджелудочного сока определяется наличием фермента липазы и активизируется желчью. Опыт проводят по схеме, приведенной в таблице.

После добавления индикатора появляется розовая окраска. По мере расщепления жиров в термостате окраска будет исчезать в силу появления жирных кислот. Через 30 мин проверить в пробирках интенсивность окрашивания и дать оценку липолитической активности поджелудочного сока.

Номер пробирки	Содержимое пробирки	Условия опыта	Результат реакции
1	2 мл поджелудочного сока + 5 капель подсолнечного масла + 3 капли индикатора фенолфталеина		
2	2 мл прокипяченного поджелудочного сока + 5 капель подсолнечного масла + 3 капли фенолфталеина	Поставить в термостат при $t = 38^{\circ}\text{C}$ на 30 минут	
3	2 мл поджелудочного сока + 5 капель подсолнечного масла + 3 капли желчи + 3 капли фенолфталеина		

6.5. Методы получения кишечного сока

Фистула кишки у собаки по Тири – Велла

Животное под общим наркозом фиксируют в спинном положении. Кожно-мышечный разрез длиной 6–8 см производят по белой линии живота (рис. 113). Вскрыв брюшную полость, извлекают двенадцатiperстную кишку, находящуюся в правом подреберье. Для изоляции отрезка кишки берут участок длиной 20–30 см, лежащий непосредственно за двенадцатiperстной кишкой. Из изолируемого участка кишки выдавливают по возможности содержимое в стороны. На каждый из концов выбранного для изоляции отрезка кишки накладывают по два кишечных жома на расстоянии 2 см друг от друга и между ними перерезают кишку. Концы изолированного участка обертывают марлей и откладывают в сторону. Питание изолированного участка осуществляется через кровеносные сосуды брыжейки.

Проходимость кишечника восстанавливают наложением бокового соустья (рис. 114) или сшивая концы кишечника встык. Концы отсеченной петли выводят и вшивают в углы кожной раны (рис. 115, Б). Промежуток в брюшной ране между концами изолированной петли зашивают послойно.

Метод позволяет исследовать процессы пищеварения в тонком отделе кишечника, получить и изучить химический состав химуса, изучить моторику кишечника.

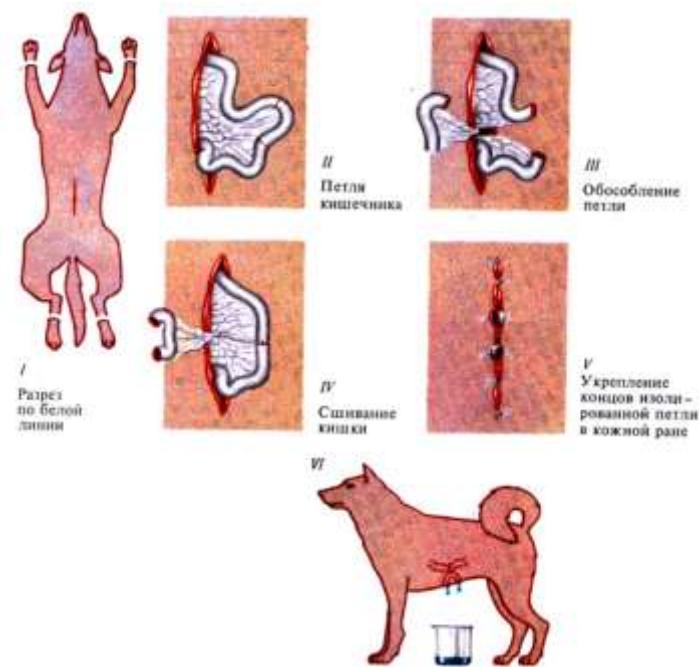


Рисунок 113 – Схема операции наложения фистулы кишечника (по Тири – Велла):

I – V – последовательные этапы операции, VI – сбор кишечного сока

Фистула кишки у собаки по Тири

Операция наложения фистулы кишечника по Тири отличается от методики Тири – Велла тем, что оральный конец кишечника зашивают наглухо кисетным швом, а анальный конец выводят наружу (рис. 115, А). Иногда в него вставляют фистулу, которую затягивают кисетным швом.

Сшивание концов кишечника встык

С целью создания удобства при наложении шва концы кишки натягивают на цилиндр из сырого картофеля (соответствующего диаметра), сближают их на середине цилиндра и накладывают непрерывный шов. При этом края слизистой оболочки заворачиваются внутрь, а серозные покровы тесно соприкасаются. После наложения шва картофель проталкивают в каудальном направлении (впоследствии он переваривается).

Наложение бокового соустья

На стенки обоих защитных концов кишки накладывают кишечные жомы, между которыми отщемляют складки кишки длиной 6–8 см. Прежде чем разрезать стенки кишечника, накладывают серозно-мышечный шов, соединяющий обе стенки. Наложив шов, скальпелем

производят разрез обоих стенок на расстоянии 4–5 мм от наложенного шва. После этого разрезанные концы кишки соединяют, сшивая концы слизистых оболочек изнутри и снаружи. Сняв жомы, накладывают верхнюю часть серозно-мышечного шва, погружая внутрь слизистый шов (*рис. 114*). Концы верхнего серозно-мышечного шва соединяют с концами серозно-мышечного шва, наложенного до разрезания стенок кишки. Кишечник погружают в брюшную полость.

Методика внешних анастомозов по Синещекову

А) Наложение дуоденального анастомоза

Животное фиксируют на левом боку и наркотизируют. В области голодной ямки делают разрез брюшной стенки длиной 10–12 см. В разрез извлекают двенадцатиперстную кишку. Ниже впадения прото-ка поджелудочной железы накладывают два кишечных жома и перерезают кишку между ними. Концы перерезанной кишки зашивают, а в просвет кишки вставляют в оба конца коленчатые фистульные трубки. Изогнутые концы этих трубок выводят через брюшную стенку наружу и соединяют между собой резиновой трубкой (*рис. 115, В*). Рану зашивают послойно. Так создается внешний обходной путь для кишечного содержимого. В период проведения опытов «мостик» разъединяют и химус, вытекающий из фистульной трубки, собирают в сосуд.

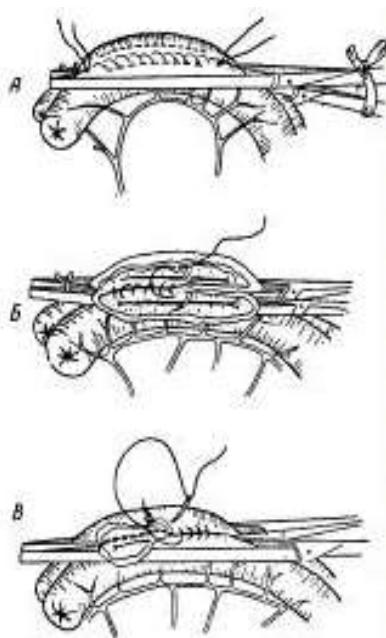


Рисунок 114 – Наложение бокового соустья:

А – наложены кишечные жомы; стенки кишка соединены серозно-мышечным швом; Б – обе стенки кишки разрезаны, слизистые оболочки соединяются непрерывным швом; В – слизистая оболочка сшита, накладывается верхний серозно-мышечный шов

Б) Наложение двойных кишечных анастомозов

Кроме внешнего анастомоза двенадцатиперстной кишки животному накладывают второй анастомоз в области перехода тонкого отдела кишечника в толстый (область впадения подвздошной кишки в слепую) (рис. 115, В). Пищеварительный процесс при этом разделяют на три звена: пищеварение в желудке, в тонком и толстом отделах кишечника.

Эту операцию проводят под общим наркозом. Разрезают область правой голодной ямки, извлекают двенадцатиперстную кишку и ниже впадения протока поджелудочной железы накладывают внешний анастомоз, как описано выше. Находят слепую кишку и впадающую в нее подвздошную. В этом месте вырезают небольшой участок из стенки слепой кишки. Из лоскута сшивают маленький мешочек, куда вставляют коленчатую фистульную трубку. Вторую трубку вшивают в разрез слепой кишки, откуда был вырезан участок стенки. Фистулевые трубки выводят наружу с помощью троакара.

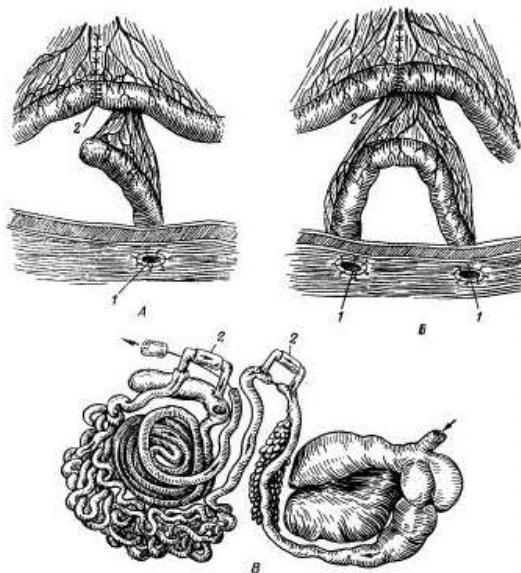


Рисунок 115 – Схема операции изолированной кишки по Тири (А) и Тири – Велла (Б):

1 – вшитый в кожу конец кишки; 2 – соединение перерезанной кишки.

Наложение двух внешних анастомозов по Синещекову (В)

Разрез брюшной стенки зашивают послойным наложением швов, а фистулевые трубки попарно соединяют резиновыми трубками, в результате чего образуются два внешних анастомоза (дуоденальный и илеоцекальный).

6.6. Методы получения желчи

Операция наложения фистулы желчного протока у собаки

Разрез брюшной стенки проводят по белой линии. Находят большой проток поджелудочной железы для ориентации, а по нему отыскивают малый поджелудочный и желчный протоки, отверстия которых находятся на другой стороне кишки, на 2–3 см ближе к желудку.

Вначале перевязывают и перерезают между лигатурами малый панкреатический проток. Затем вырезают кусочек двенадцатиперстной кишки с выходным отверстием желчного протока. Этот кусочек не отделяют совсем, а оставляют связанным с кишечной стенкой небольшим перешейком. Овальный кусочек кишки отгибают таким образом, чтобы его серозная оболочка прилегала к серозной оболочке кишки, после чего кусочек пришивают к кишке. Рану в кишке зашивают, а кишку с подшитым лоскутом подтягивают к отверстию в коже. Лоскут с отверстием желчного протока подшивают к коже (*рис. 116*).

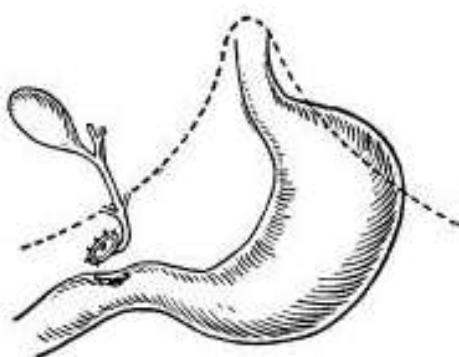


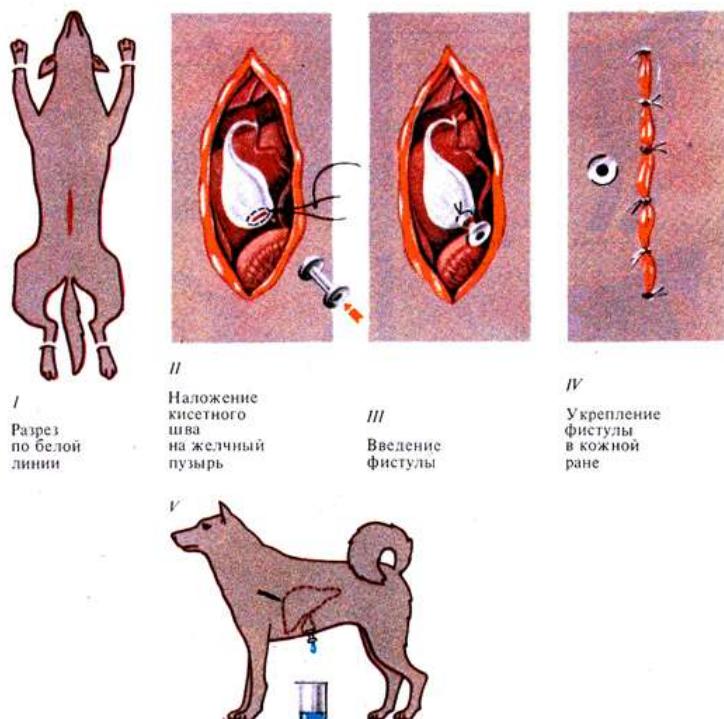
Рисунок 116 – Фистула желчного протока у собаки

Методика дает возможность изучить условия и механизм поступления желчи в кишечник.

Операция наложения фистулы желчного пузыря у собаки

Для предупреждения поступления желчи в кишку и для сирования всей оттекающей, непрерывно образуемой печеночными клетками желчи, одновременно с наложением фистулы желчного пузыря часто производят перевязку общего желчного протока. В этом случае вся выделяемая желчь собирается в желчный пузырь, через фистулу которого ее можно собрать и исследовать (*рис. 117*).

Методика применяется для изучения секреции желчи клетками печени и выяснения механизма желчеобразования.



*Рисунок 117 – Схема операции наложения фистулы желчного пузыря:
I–IV – последовательные этапы операции, V – собирание желчи*

6.7. Влияние желчи на фильтрацию жира

Цель работы: исследовать влияние желчи на фильтрацию жира.

Материалы и оборудование: желчь, подсолнечное масло, дистиллированная вода, пробирки, стеклянные воронки, пипетка, бумажные фильтры.

Ход работы: в две пробирки вставляют стеклянные воронки с бумажными фильтрами. Один фильтр смачивают водой, другой – желчью. Наливают в каждую воронку по 2–3 мл растительного масла. Через 45 мин проверяют результаты и делают выводы по полученным данным.

6.8. Эмульгирование – свойство желчи

Цель работы: установить участие желчи в эмульгировании жиров.

Материалы и оборудование: желчь, растительное масло, дистиллированная вода, пробирки, пипетка.

Ход работы: в две пробирки наливают по 0,5 мл растительного масла. В первую пробирку добавляют 5 мл желчи, во вторую – 5 мл

воды. Зажав пробирки пальцем, тщательно взбалтывают их и наблюдают за устойчивостью полученной эмульсии.

Сделать анализ данных и записать выводы.

6.9. Реакции на желчные кислоты и желчные пигменты

Цель работы: установить наличие желчных кислот и желчных пигментов в желчи.

Материалы и оборудование: желчь, концентрированная серная кислота, концентрированная азотная кислота, 20 %-й раствор сахараозы, часовое стекло, пробирки, пипетки.

Ход работы: • для определения наличия желчных кислот в желчи ставят часовое стекло на белую бумагу. Пипеткой наносят на него 2 капли желчи и 2 капли 20 %-го раствора сахараозы, тщательно перемешивают их стеклянной палочкой. Рядом по краям жидкости добавляют 3–4 капли концентрированной серной кислоты. Если через некоторое время на месте слияния появляется розовая окраска, переходящая при стоянии в красную или красно-фиолетовую, то это свидетельствует о наличии желчных кислот. Этую окраску дает оксиметилфурфурол, который образуется из фруктозы в присутствии серной кислоты, взаимодействуя с желчными кислотами.

• Для определения желчных пигментов в пробирку наливают 2 мл концентрированной азотной кислоты и осторожно пипеткой насылаивают 1 мл желчи. Если на границе жидкостей появляется цветное кольцо, состоящее из желтого, красного, фиолетового, синего и зеленого цвета (соответствуют разной степени окисления билирубина), то это свидетельствует о наличии желчных пигментов.

Лабораторное занятие 7. Физиология дыхания

Цель занятия: ознакомиться с методами исследования дыхательной системы: изучением механизма вдоха и выдоха с помощью модели Дондерса, методом пневмографии, исследованием типа и частоты дыхания у разных животных, аусcultацией и перкуссией грудной клетки. Освоить метод спирометрии и определить жизненную емкость легких (ЖЕЛ) и ее составные части у человека.

7.1. Методы исследования дыхательной системы

Механизм вдоха и выдоха

Механизм вдоха и выдоха изучают с помощью *модели Дондерса*, представляющей собой широкогорлую бутыль, дно которой заменено резиновой мембраной, имитирующей диафрагму (рис. 118). Легкие животного, укрепленные внутри этой бутылки, сообщаются с наружным воздухом через трубку, вставленную в трахею и выходящую через пробку, герметически закрывающую бутыль.

При оттягивании резинового дна бутыли имитируют сокращение диафрагмы при вдохе и тем самым уменьшают внутриплевральное давление, при этом легкие расширяются. При возвращении резинового дна бутыли в исходное положение имитируют расслабление диафрагмы при выдохе и тем самым повышают внутриплевральное давление, при этом легкие спадаются. Можно через пробку бутыли пропустить внутрь вторую трубку. Наружный конец этой трубки соединяют с манометром и наблюдают за изменением объема легких.

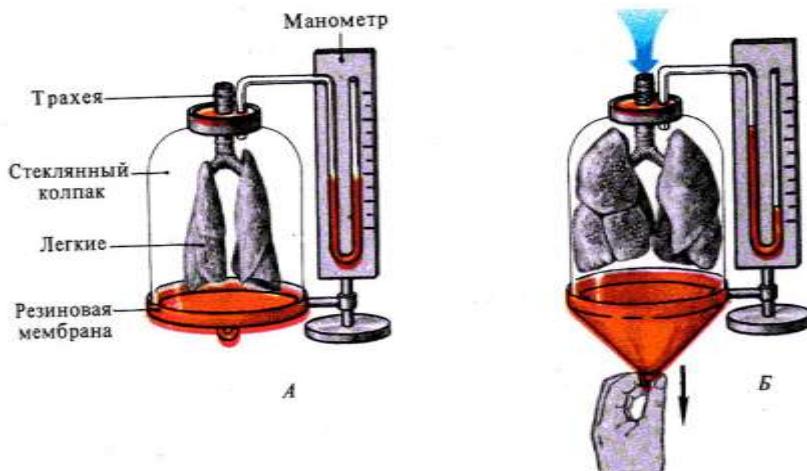


Рисунок 118 – Модель механизма экскурсии легких при дыхании (опыт Ф. Дондерса):
А – в конце выдоха; Б – во время вдоха

Пневмография

Пневмография относится к графическим методам исследования дыхания.

Пневмография – это запись дыхательных движений при помощи *пневмографа*.

Пневмография позволяет определить частоту дыхания, ритм и силу дыхательных движений грудной клетки, зафиксировать различные изменения в дыхании.

Пневмограф состоит из резиновой манжеты, которую фиксируют на грудной клетке животного, и резиновой трубы для воздушной передачи давления с камеры на записывающий прибор, соединенный с писчиком (*рис. 119*). Во время дыхания давление в резиновой манжете изменяется соответственно вдоху и выдоху и передается на прибор, а через него на писчик, с помощью которого производится запись пневмограммы на ленте пневмографа. Манжету фиксируют на том участке грудной стенки, где наблюдаются наиболее заметные дыхательные движения.

Регистрируют пневмограмму сначала в состоянии покоя, а затем после движения, и определяют ритм, силу и амплитуду дыхательных движений.

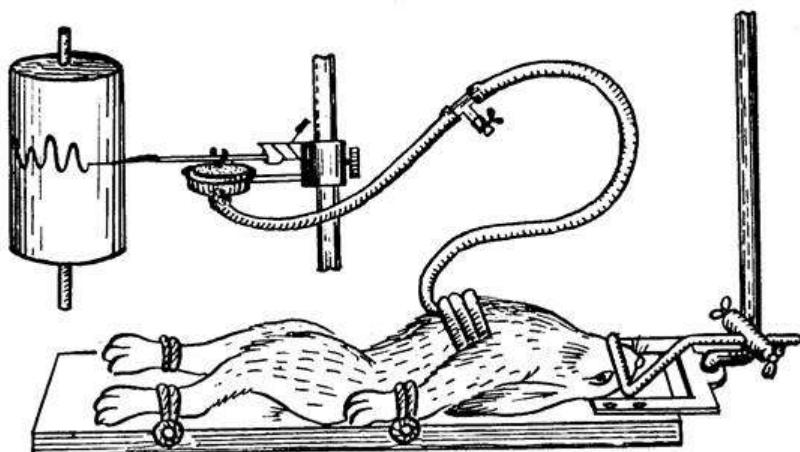


Рисунок 119 – Пневмография у кролика

Исследование типа и частоты дыхания

Тип дыхания определяют по степени участия в акте дыхания грудных и брюшных мышц. В норме для большинства животных характерен *смешанный (грудобрюшиной) тип дыхания*, а для собак и пушных зверей – *грудной тип дыхания*.

Частоту дыхания определяют по количеству движений грудной клетки, брюшной стенки, крыльев носа (особенно у лошадей и кроликов), по струе выдыхаемого воздуха (в холодное время), выслушиванием трахеи или легких за 1 мин, а также методом пневмографии. При подсчете дыхательных движений подъем и опускание грудной или брюшной стенки принимают за одно дыхание (*табл. 9*).

Таблица 9 – Частота дыхательных движений у животных в 1 минуту

Животное	Частота	Животное	Частота
Лошадь	8–12	Собака	10–30
Крупный рогатый скот	10–30	Кошка	10–25
Овца	8–20	Кролик	50–60
Коза	10–18	Курица	22–25
Свинья	8–18	Мышь	200

На частоту дыхания оказывают влияние пол, возраст, порода животного, упитанность, внешняя температура, влажность воздуха, время дня и года, беременность, степень наполнения желудочно-кишечного тракта, работа и нервное возбуждение, положение тела в пространстве.

Перкуссия грудной клетки

Поле перкуссии легких – область грудной клетки, на которой у здоровых животных выявляют ясный легочный звук. Оно имеет вид треугольника и ограничено тремя границами: передней, верхней и задней, которые определяют по переходу ясного легочного звука в тупой, притупленный или тимpanicкий (*рис. 120*).

Передняя перкуторная граница – начинается от заднего угла лопатки и идет вниз к грудной кости.

Верхняя перкуторная граница – начинается от заднего угла лопатки и идет назад параллельно остистым отросткам грудных позвонков, отступая от них у крупных животных на ширину ладони, а у мелких – на 2 пальца.

Задняя перкуторная граница – ее положение определяют при перкуссии по трем горизонтальным линиям: линии маклока, линии седалищного бугра, линии плечевого сустава (*табл. 10*).

У крупных животных проводят инструментальную перкуссию, у мелких животных – дигитальную. При определении границ легких применяют слабую перкуссию. При выявлении изменений в легких и плевральной полости используют сильную перкуссию. Ее проводят

по межреберьям сверху вниз. При сильной перкуссии колебания тканей распространяются в глубину до 7 см и по поверхности на 3–4 см. В норме перкуторный звук легких ясный, продолжительный и довольно низкий.

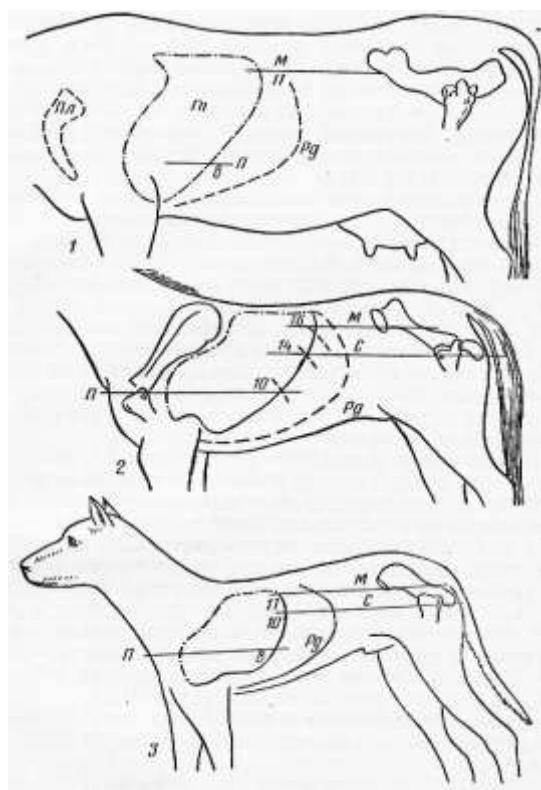


Рисунок 120 – Поле перкуссии легких (левая сторона):

1 – у крупного рогатого скота; 2 – у лошади; 3 – у собаки; М – линия маклока; С – линия седалищного бугра; П – линия плечевого сустава; Рд – реберная дуга; Пл – предлопаточное поле перкуссии; Гп – грудное (поздадилопаточное) поле перкуссии; 8, 10, 11, 14 и 16 – соответствующие межреберья

Таблица 10 – Положение задней перкуторной границы легких у разных видов животных

Животное	Кол-во ребер	Последний межреберный промежуток, в котором перкутируется легкое		
		по линии маклока	по линии седалищного бугра	по линии плечевого сустава
Крупный рогатый скот, овца, коза	13	Слева – 11-й, справа – 10-й	Линия седалищного бугра совпадает с линией маклока	8-й
Лошадь	18	16-й	14-й	10-й
Свинья	14	11-й	9-й	7-й
Собака	13	11-й	10-й	8-й

Аусcultация грудной клетки

Различают аускультацию *посредственную* и *непосредственную*. Техника аускультации зависит от вида животных и характера подозреваемого процесса.

При проведении непосредственной аускультации становятся сбоку от зафиксированного животного лицом к его голове, кладут руку на спину животного и выслушивают левое легкое правым ухом, а правое легкое – левым. При аускультации задних отделов легких у беспокойных животных становятся лицом к хвосту животного и выслушивают левое легкое левым ухом, а правое – правым. У мелких животных аускультацию проводят с помощью фонендоскопа, расположив животное на столе и стоя сзади него (рис. 121).

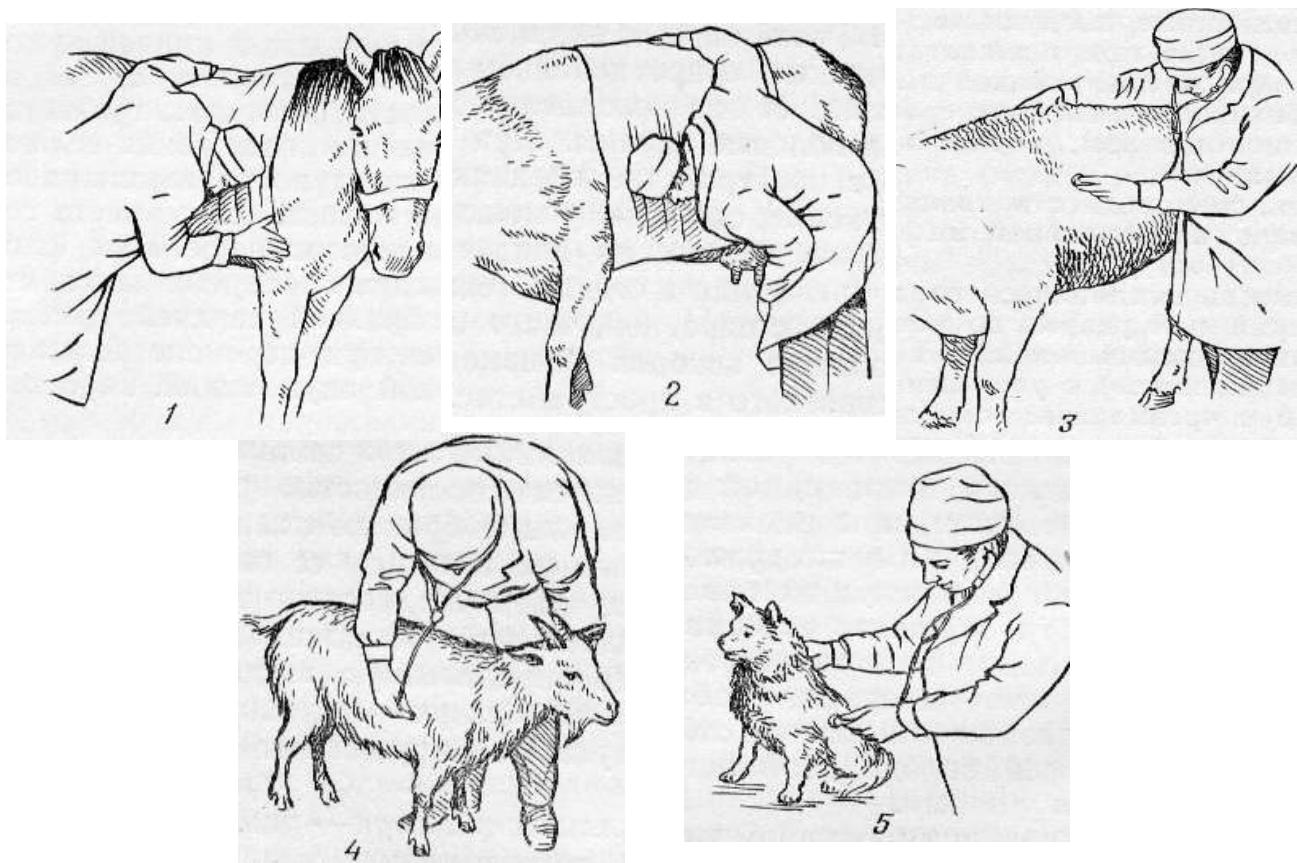


Рисунок 121 – Аускультация грудной клетки:
1, 2 – ухом (непосредственная) у лошадей и коровы; 3, 4 и 5 – фонендоскопом
(посредственная) у коровы, козы и собаки

При аускультации грудной клетки в норме слышны физиологические дыхательные шумы. К ним относят 2 вида дыхания:

- 1) *везикулярное дыхание* – прослушивают на грудной клетке как дующий шум, напоминающий звук произношения буквы «ф». Оно слышно во время вдоха и вначале выдоха;

2) бронхиальное дыхание – представляет собой звук, напоминающий произношение буквы «х». В норме его прослушивают на грудной клетке в области лопатко-плечевого пояса (первые три межреберья).

7.2. Спирометрия

Спирометрия – метод исследования легочных объемов.

Максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после самого глубокого вдоха, называется **жизненной емкостью легких (ЖЕЛ)**.

ЖЕЛ является показателем подвижности легких и грудной клетки. Даже при максимальном выдохе в легких остается немного воздуха, этот объем называют **остаточным воздухом**. Этот воздух остается в легких и после смерти. В состав жизненной емкости легких остаточный воздух не входит.

Жизненную емкость легких составляют **дыхательный, дополнительный и резервный объемы воздуха** (рис. 122).

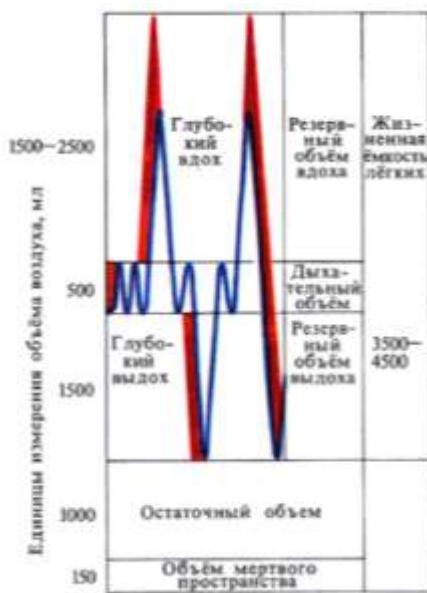


Рисунок 122 – Таблица легочных объемов

Цель работы: определить ЖЕЛ, ее составные части у человека с помощью спирометра и ознакомиться с методикой определения ЖЕЛ у животных.

Материалы и оборудование: спирометр сухой портативный, спирт этиловый, марлевые салфетки.

Ход работы: определение ЖЕЛ и ее составных частей у животных производится под наркозом, при вдохании смеси с высоким содержанием CO₂ из мешка, наполненного газовой смесью.

Для определения ЖЕЛ у человека используют спирометр водяной или сухой портативный (рис. 123).

После установки спирометра в нулевое положение и обработки мундштука приступают к измерению легочных объемов.



Рисунок 123 – Спирометр сухой портативный CCP

Определение ЖЕЛ. Испытуемый делает максимально глубокий вдох и затем максимально глубокий медленный выдох в спирометр через мундштук (рис. 124). По шкале спирометра отметить объем воздуха.



Рисунок 124 – Измерение жизненной емкости легких

Определение объема дыхательного воздуха. Испытуемый при спокойном дыхании делает несколько выдохов в спирометр (вдох через нос, выдох через рот). После 4–6 дыханий записывают показания спирометра. Полученный результат делят на количество дыхательных движений и определяют объем дыхательного воздуха.

Определение объема резервного воздуха. Испытуемый после спокойного выдоха задерживает дыхание и производит максимальный выдох через рот в спирометр. Записывают показания спирометра.

Определение объема дополнительного воздуха. Испытуемый после нескольких спокойных вдохов и выдохов делает очередной вдох, задерживает на мгновение дыхание и, взяв мундштук в рот, делает максимально глубокий вдох из спирометра. По шкале определяют объем дополнительного воздуха. Его можно также определить путем вычитания из величины ЖЕЛ объема резервного и дыхательного воздуха.

Сумму дыхательного, дополнительного и резервного воздуха сравнивают с величиной ЖЕЛ. Разница не должна превышать 10 %.

У человека ЖЕЛ равна 3 500–5 000 мл, в том числе на дыхательный воздух приходится 500–800 мл, на дополнительный и резервный воздух – по 1 500–2 000 мл. Величина остаточного воздуха – 1 000 мл.

У крупного рогатого скота и лошадей ЖЕЛ составляет 29–30 л, из них на дыхательный воздух приходится 5–6 л, на дополнительный и резервный воздух – по 12 л. Величина остаточного воздуха – 10 л.

Контрольные вопросы по теме «Физиология пищеварения»

1. Сущность пищеварения, основные функции органов пищеварения.
2. Прием корма и воды разными видами сельскохозяйственных животных.
3. Пищеварение в полости рта. Секреторная деятельность слюнных желез.
4. Состав и свойства слюны. Особенности слюноотделения у разных видов животных.
5. Механизм слюноотделения и его регуляция.
6. Методы получения слюны.
7. Методы изучения желудочной секреции.
8. Состав и свойства желудочного сока.
9. Рефлекторная и гуморальная фазы секреции желудочного сока.
10. Моторика желудка, регуляция.
11. Особенности желудочного пищеварения у лошадей.
12. Особенности желудочного пищеварения у свиней.
13. Процессы пищеварения в сложном желудке жвачных. Роль микрофлоры в пищеварении.
14. Особенности желудочного пищеварения у молодняка жвачных в молочный период. Функция пищеводного желоба.
15. Методы получения поджелудочного и кишечного соков.
16. Состав и свойства поджелудочного и кишечного соков.

17. Механизмы секреции поджелудочного и кишечного соков и их регуляция.
18. Моторика кишечника, регуляция.
19. Пристеночное (мембранные) пищеварение.
20. Процессы всасывания в кишечнике.
21. Пищеварительные процессы в толстом отделе кишечника. Особенности переваривания корма в слепой кишке лошади.
22. Методы получения желчи.
23. Состав желчи и ее роль в процессах пищеварения.
24. Желчеобразование и желчевыведение. Нервно-гуморальная регуляция образования и выведения желчи.

Тест «Физиология пищеварения»

1. Процесс превращения питательных веществ корма из сложных химических соединений в более простые, доступные для усвоения:

- а) ассимиляция;
- б) пищеварение;
- в) инкремия;
- г) метаболизм;
- д) экскреция.

2. Переваривание питательных веществ ферментами, локализованными на поверхности слизистой оболочки тонкого кишечника:

- а) внеклеточное;
- б) кишечное;
- в) внутриклеточное;
- г) полостное;
- д) пристеночное.

3. Переваривание питательных веществ ферментами, выделяемыми в полость пищеварительного тракта:

- а) внеклеточное;
- б) кишечное;
- в) внутриклеточное;
- г) полостное;
- д) пристеночное.

4. Пищеварительные железы вырабатывают и выделяют в пищеварительный канал соки, эта функция называется:

- а) моторной;
- б) экскреторной;
- в) всасывательной;
- г) инкреторной;
- д) секреторной.

5. Передвижение пищи по пищеварительному каналу осуществляется в результате функции:

- а) секреторной;
- б) экскреторной;
- в) всасывательной;
- г) моторной;
- д) инкреторной.

6. Переход воды и расщепленных частей пищи в кровь и лимфу осуществляется в результате функции:

- а) моторной;
- б) инкреторной;
- в) всасывательной;
- г) секреторной;
- д) экскреторной.

7. Выделение секретов в полость пищеварительного канала, а затем во внешнюю среду происходит в результате функции:

- а) всасывательной;
- б) экскреторной;
- в) секреторной;
- г) инкреторной;
- д) моторной.

8. Биологические катализаторы, ускоряющие переваривание питательных веществ:

- а) гормоны;
- б) ферменты;
- в) углеводы;
- г) инкременты;
- д) липиды.

9. Первое звено процесса пищеварения:

- а) желудочное;
- б) всасывание;
- в) расщепление пищи ферментами;
- г) кишечное;
- д) ротовое.

10. Первым этапом ротового пищеварения является:

- а) пережевывание;
- б) собственно ротовое пищеварение;
- в) слюноотделение;
- г) глотание;
- д) прием корма.

11. Вторым этапом ротового пищеварения является:

- а) отыскание и выбор корма;
- б) глотание;
- в) собственно ротовое пищеварение;
- г) прием корма;
- д) захват корма.

12. Третий этап пищеварения в полости рта:

- а) прием пищи;
- б) глотание;
- в) формирование пищевого кома;
- г) захват пищи;
- д) выбор корма.

13. Действует на полисахариды, расщепляя их до мальтозы, фермент слюны:

- а) пепсин;
- б) химозин;
- в) α -амилаза;
- г) мальтаза;
- д) α -глюкозидаза.

14. Расщепляет дисахариды до глюкозы фермент слюны:

- а) птиалин;
- б) пепсин;

- в) мальтаза;
- г) лизоцим;
- д) α -глюкозидаза.

15. Ферментативная активность слюны обеспечивается:

- а) амилазами;
- б) протеазами;
- в) липазами.

16. Бактерицидное действие слюны обусловлено содержанием в ней:

- а) лейкоцитов;
- б) лизоцима;
- в) антител;
- г) ионов водорода.

17. Вязкость слюны зависит от количества:

- а) лизоцима;
- б) амилазы;
- в) птиалина;
- г) муцина;
- д) мальтазы.

18. Ферменты слюны активны в среде:

- а) кислой;
- б) слабокислой;
- в) нейтральной;
- г) щелочной.

19. pH слюны жвачных животных:

- а) 7,55;
- б) 7,3–7,5;
- в) 8,1–9,0;
- г) 7,2–7,5;
- д) 7,3–7,7.

20. Выраженной амилолитической активностью отличается слюна:

- а) лошади;
- б) коровы;
- в) овцы;

- г) собаки;
- д) свиньи.

21. По центростремительным путям импульсы из ротовой полости поступают в слюноотделительный центр, расположенный:

- а) в мозжечке;
- б) продолговатом мозге;
- в) среднем мозге;
- г) гипоталамусе;
- д) четверохолмии.

22. Непрерывная функция околоушной слюнной железы характерна:

- а) для лошади;
- б) коровы;
- в) кролика;
- г) собаки;
- д) свиньи.

23. Вырабатывают ферменты клетки желез желудка:

- а) обкладочные;
- б) париетальные;
- в) главные;
- г) добавочные;
- д) шеечные.

24. Соляную кислоту вырабатывают клетки желудочных желез:

- а) главные;
- б) обкладочные;
- в) добавочные;
- г) шеечные;
- д) слизистые.

25. Слизь желудочного сока вырабатывается клетками:

- а) париетальными;
- б) главными;
- в) обкладочными;
- г) шеечными;
- д) добавочными.

26. Функция главных клеток фундальных желез желудка:

- а) выработка хлоридов;
- б) выработка слизи;
- в) синтез гормонов;
- г) секреция пепсиногена.

27. Обкладочные клетки фундальных желез желудка выполняют функцию:

- а) вырабатывают хлориды;
- б) вырабатывают слизь;
- в) участвуют в регенерации;
- г) секретируют пепсиноген.

28. Функция добавочных клеток фундальных желез желудка:

- а) образование хлоридов;
- б) образование слизи;
- в) синтез гормонов;
- г) участие в регенерации.

29. Хлориды соляной кислоты желудка выделяют клетки:

- а) эндокринные;
- б) главные;
- в) обкладочные;
- г) добавочные.

30. Вставьте пропущенные слова: слизь желудочного сока образуется в, она имеет реакцию.

- а) обкладочных клетках, нейтральную;
- б) главных, нейтральную;
- в) добавочных клетках, кислую;
- г) добавочных клетках, щелочную;
- д) обкладочных, щелочную.

31. Опыт мнимого кормления был разработан:

- а) Павловым И.П.;
- б) Гейденгайном Р.;
- в) Глинским Д.Д.;
- г) Жиловым Д.С.;
- д) Басовым В.А.

32. Способ получения малого желудочка у собаки с сохраненной иннервацией был предложен:

- а) Гейденгайном;
- б) Басовым;
- в) Блондло;
- г) Павловым;
- д) Глинским.

33. Один из вариантов операции изолированного желудочка предложил:

- а) Реомюр;
- б) Басов;
- в) Куимов;
- г) Гейденгайн;
- д) Жилов.

34. Дезинфицирует кормовые массы желудка кислота:

- а) серная;
- б) молочная;
- в) фосфорная;
- г) угольная;
- д) соляная.

35. Активирует фермент пепсиноген, превращая его в пепсин, кислота:

- а) аденоцитрифосфорная;
- б) соляная;
- в) фосфорная;
- г) угольная;
- д) молочная.

36. Вызывает набухание белков кислота:

- а) соляная;
- б) угольная;
- в) фосфорная;
- г) аденоцитрифосфорная;
- д) молочная.

37. Набухание белков в пищеварительном тракте вызывают:

- а) бикарбонаты;
- б) желчь;
- в) соляная кислота;
- г) кишечный сок.

38. Участвует в регуляции моторной функции желудка и кишечника кислота:

- а) мочевая;
- б) угольная;
- в) фосфорная;
- г) соляная;
- д) молочная.

39. В желудочном соке содержится фермент, расщепляющий белки:

- а) трипсин;
- б) липаза;
- в) пепсин;
- г) амилаза;
- д) химотрипсин.

40. Желудочный сок содержит ферменты:

- а) пептидазы;
- б) липазу, пептидазы, амилазу;
- в) протеазы, липазу;
- г) протеазы.

41. На молочный белок действует фермент желудочного сока:

- а) химозин;
- б) пепсин;
- в) трипсин;
- г) желатиназа;
- д) липаза.

42. Вставьте пропущенные слова: основным протеолитическим ферментом желудочного сока является, который образуется в

- а) гастрин, активной форме;
- б) пепсин, неактивной форме;
- в) пепсин, активной форме;
- г) гастрин, неактивной форме.

43. Пепсин активен в среде, pH которой равна:

- а) 5,5–5,8;
- б) 7,8–8,4;
- в) 3,0–3,5;
- г) 6,5–8,0;
- д) 0,8–1,2.

44. Реакция слюны и желудочного сока:

- а) pH слюны 0,8–1,5, pH желудочного сока 7,4–8,0;
- б) pH слюны 7,4–8,0, pH желудочного сока 7,1–8,2;
- в) pH слюны 7,2–8,5, pH желудочного сока 0,8–1,2;
- г) pH слюны 7,1–8,2, pH желудочного сока 7,4–8,0.

45. Истинный желудок у жвачных животных:

- а) рубец;
- б) книжка;
- в) сычуг;
- г) сетка.

46. Однокамерный желудок характерен:

- а) для свиньи, овцы и лошади;
- б) всех жвачных животных;
- в) лошади и свиньи;
- г) крупного рогатого скота.

47. Многокамерный желудок крупного рогатого скота. Все верно, кроме:

- а) состоит из четырех камер: рубца, сетки, книжки и сычуга;
- б) сетка, книжка и сычуг образуют преджелудок;
- в) в рубце переваривание корма происходит под действием ферментов микроорганизмов;
- г) из микроорганизмов в рубце присутствуют простейшие и бактерии.

48. Секреция желудочного сока на вид и запах корма и раздражение вкусовых рецепторов происходит в фазу:

- а) кишечную;
- б) сложнорефлекторную;
- в) желудочную;
- г) нейрогуморальную;
- д) гуморальную.

49. Секреция желудочного сока в результате действия на желудочные железы гормонов и химических веществ корма происходит в фазу:

- а) кишечную;
- б) гуморальную;
- в) желудочную;
- г) нейрогуморальную;
- д) сложнорефлекторную.

50. Выделение желудочного сока при поступлении пищевого кома в двенадцатиперстную кишку происходит в фазу:

- а) кишечную;
- б) гуморальную;
- в) желудочную;
- г) нейрогуморальную;
- д) сложнорефлекторную.

51. Центр пищеварения располагается:

- а) в мозжечке;
- б) таламусе;
- в) гипоталамусе;
- г) продолговатом мозге;
- д) коре больших полушарий.

52. Основная роль гастрин:

- а) активирует ферменты поджелудочной железы;
- б) превращает в желудке пепсиноген в пепсин;
- в) стимулирует секрецию желудочного сока;
- г) тормозит секрецию поджелудочной железы.

53. Обильная секреция желудочного сока вызывается введением в кровь вещества:

- а) энтерогастрон;
- б) адреналин;
- в) атропин;
- г) гистамин.

54. Назовите, какие из перечисленных ниже веществ являются естественными эндогенными стимуляторами желудочной секреции:

- а) гистамин, секретин;
- б) гистамин, гастрин;
- в) гистамин, энтерокиназа;
- г) соляная кислота, секретин.

55. Роль секретина в процессе пищеварения:

- а) стимулирует секрецию HCl;
- б) тормозит секрецию желчи;
- в) стимулирует секрецию сока поджелудочной железы;
- г) стимулирует секрецию желудочного сока.

56. Выберите правильный ответ. Поджелудочный сок содержит:

- а) липазу, пептидазу;
- б) липазу, пептидазу, нуклеазу;
- в) липазу, пептидазу, протеазу, амилазу, нуклеазу, эластазу;
- г) эластазу, нуклеазу, пептидазу.

57. Секрет поджелудочной железы имеет реакцию:

- а) щелочную;
- б) кислую;
- в) слабокислую;
- г) нейтральную.

58. Вставьте пропущенные слова: желчь образуется в и депонируется в

- а) поджелудочной железе, печени;
- б) печени, желчном пузыре;
- в) желчном пузыре, печени.

59. Высокая эффективность всасывания в тонком кишечнике обеспечивается:

- а) процессами полостного пищеварения;
- б) процессами пристеночного пищеварения;
- в) огромной всасывающей поверхностью слизистой кишечника;
- г) процессами ассимиляции и диссимилияции.

60. Функции толстой кишки. Все верно, кроме:

- а) всасывание воды и солей;
- б) активное переваривание питательных веществ;
- в) формирование каловых масс;
- г) выделение конечных продуктов обмена.

Контрольные вопросы по теме «Физиология дыхания»

1. Основные этапы дыхания.
2. Механизм вдоха и выдоха.
3. Роль диафрагмы в процессе вдоха и выдоха.
4. Пневмография и ее значение.
5. Значение верхних дыхательных путей.
6. Определение частоты дыхания у животных.
7. Факторы, обусловливающие газообмен в легких.
8. Спирометрия и ее значение.
9. Что такое жизненная емкость легких и почему в это понятие не включают объем остаточного воздуха?
10. Как определить минутный объем легких, и из каких показателей он выводится?
11. Механизм газообмена в легких.
12. Перенос кислорода кровью.
13. Перенос углекислого газа кровью.
14. Обмен газов между кровью и тканями.
15. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха.
16. Регуляция легочного дыхания.

Тест «Физиология дыхания»

1. Вредное пространство – это:

- а) легкие, бронхи, гортань;
- б) гортань, трахея, носовые ходы;
- в) альвеолы, легкие, носовая полость;
- г) трахея, носоглотка, альвеолы.

2. При увеличении объема грудной клетки давление в плевральной полости:

- а) уменьшается;
- б) возрастает;
- в) не изменяется.

3. При уменьшении объема грудной клетки давление в плевральной полости:

- а) уменьшается;
- б) возрастает;
- в) не изменяется.

4. Карбоангидраза содержится:

- а) в стенках альвеол;
- б) эритроцитах;
- в) плазме крови;
- г) межтканевых пространствах.

5. Пигмент, играющий роль депо кислорода в мышцах:

- а) оксигемоглобин;
- б) миоглобин;
- в) дезоксигемоглобин;
- г) метгемоглобин.

6. Тип дыхания, когда при вдохе преобладает сокращение наружных межреберных мышц:

- а) диафрагмальный;
- б) реберно-брюшной;
- в) грудной;
- г) смешанный;
- д) брюшной.

7. Тип дыхания, при котором расширение грудной клетки происходит преимущественно за счет сокращения диафрагмы:

- а) грудной;
- б) реберный;
- в) брюшной;
- г) смешанный;
- д) реберно-брюшной.

8. Сельскохозяйственным животным свойственен тип дыхания:

- а) грудной;
- б) брюшной;
- в) диафрагмальный;
- г) реберный;
- д) смешанный.

9. В состав процесса внешнего дыхания входит:

- а) транспорт газов;
- б) обмен газов между кровью и тканевой жидкостью;
- в) обмен газов между легкими и внешней средой;
- г) обмен газов между тканевой жидкостью и клеткой;
- д) обмен газов между кровью и клеткой.

10. Этап дыхания, входящий в состав внутреннего дыхания:

- а) потребление кислорода клетками и выделение ими углекислого газа;
- б) обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью;
- в) обмен газов между легкими и внешней средой;
- г) обмен газов между кровью и тканями;
- д) транспорт газов кровью.

11. Количество воздуха, проходящее через легкие за 1 минуту, называется:

- а) коэффициент легочной вентиляции;
- б) коэффициент калорический;
- в) кислородная емкость;
- г) вентиляционный индекс;
- д) минутный объем легочной вентиляции.

12. Воздух, остающийся в воздухоносных путях и не принимающий непосредственного участия в газообмене:

- а) альвеолярный;
- б) вредного пространства;
- в) остаточный;
- г) резервный;
- д) выдыхаемый.

13. Воздух, поступающий в легкие при спокойном дыхании животного:

- а) остаточный;
- б) резервный;
- в) дыхательный;
- г) дополнительный;
- д) жизненный.

14. Объем воздуха, который животное может еще вдохнуть после очередного вдоха:

- а) остаточный объем;
- б) резервный объем;
- в) дополнительный объем;
- г) дыхательный объем;
- д) общая емкость.

15. Объем воздуха, который животное может еще выдохнуть вслед за спокойным выдохом:

- а) остаточный объем;
- б) резервный объем;
- в) дополнительный объем;
- г) дыхательный объем;
- д) общая емкость легких.

16. Дыхательный, дополнительный и резервный объемы воздуха составляют:

- а) общую емкость легких;
- б) жизненную емкость легких;
- в) резервную емкость легких;
- г) дыхательную емкость;
- д) остаточный объем.

17. Объем воздуха, имеющийся в легких после максимального выдоха:

- а) дыхательный объем;
- б) резервный объем;
- в) дополнительный объем;
- г) легочный объем;
- д) остаточный объем.

18. Сумма остаточного, дыхательного, дополнительного и резервного объемов составляет:

- а) жизненную емкость легких;
- б) общую емкость легких;
- в) дополнительный объем;
- г) легочные объемы;
- д) грудное дыхание.

19. Максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после глубокого вдоха:

- а) минутный объем дыхания;
- б) резервный объем дыхания;
- в) общая емкость легких;
- г) жизненная емкость легких;
- д) дополнительный объем дыхания.

20. Жизненную емкость легких можно определить:

- а) оксигемометром;
- б) калориметром;
- в) тонометром;
- г) спирометром;
- д) фонендоскопом.

21. Метод, позволяющий определить жизненную емкость легких:

- а) пневмография;
- б) газовый анализ;
- в) спирометрия;
- г) ринография;
- д) сфигмография.

22. Количество кислорода, которое может быть связано 100 мл крови, называется:

- а) кислородная емкость крови;
- б) калорический эквивалент кислорода;
- в) коэффициент очищения;
- г) коэффициент насыщения;
- д) коэффициент калорический.

23. Газообмен между легкими и внешней средой:

- а) дыхательный цикл;
- б) транспорт газов;
- в) легочная вентиляция;
- г) внутриклеточное дыхание;
- д) диффузия.

24. Основная масса кислорода транспортируется в соединении:

- а) с альбуминами;
- б) гемоглобином;
- в) глобулинами;
- г) солями;
- д) фибриногеном.

25. Основное химическое соединение крови, содержащее CO₂:

- а) бикарбонат;
- б) карбамид;
- в) угольная кислота;
- г) углекислый газ;
- д) карбоангидраза.

26. Углекислый газ в эритроцитах связывается с гемоглобином в соединение:

- а) оксигемоглобин;
- б) метгемоглобин;
- в) карбогемоглобин;
- г) карбоксигемоглобин;
- д) миоглобин.

27. Механизм изменений объема легких при дыхании может быть продемонстрирован с помощью модели:

- а) Введенского Н.Е.;
- б) Дондерса Ф.С.;
- в) Фредерика А.;
- г) Павлова И.П.;
- д) Сеченова И.М.

28. При сокращении вдыхательной мускулатуры совершается:

- а) экспирация;
- б) выдох;
- в) экстирпация;
- г) газообмен;
- д) инспирация.

29. Пленка, покрывающая внутреннюю поверхность альвеол, образована:

- а) мезотелием;
- б) эндотелием;
- в) сурфактантом;
- г) гликокаликсом;
- д) стероидами.

30. Препятствует слипанию альвеол наличие в них:

- а) гликокаликса;
- б) эндотелия;
- в) адвенции;
- г) мезотелия;
- д) сурфактанта.

31. Спадению легких препятствует наличие в них:

- а) гликокаликса;
- б) эндотелия;
- в) воды;
- г) сурфактанта;
- д) мезотелия.

32. Функция сурфактанта:

- а) иммунная защита;
- б) препятствует слипанию стенок альвеол;
- в) бактерицидное действие;
- г) облегчает обмен газов в легких;
- д) препятствует трению плевральных листков.

33. Выведение двуокиси углерода в атмосферу осуществляется в результате процесса:

- а) пищеварения;
- б) дыхания;
- в) кровообращения;
- г) терморегуляции;
- д) обмена веществ.

34. Процесс, обеспечивающий поступление кислорода в организм:

- а) обмен веществ;
- б) кровообращение;
- в) дыхание;
- г) пищеварение;
- д) выделение.

35. Процентное содержание газов в выдыхаемом воздухе:

- а) кислорода – 16,3 %, углекислого газа – 4 %, азота – 79,7 %;
- б) кислорода – 16 %, углекислого газа – 5 %, азота – 79 %;
- в) кислорода – 21 %, углекислого газа – 0,03 %, азота – 78,97 %;
- г) кислорода – 16,5 %, углекислого газа – 4,5 %, азота – 79 %;
- д) кислорода – 20,27 %, углекислого газа – 0,03 %, азота – 79,7 %.

36. Процентное содержание газов в выдыхаемом воздухе:

- а) кислорода – 21,97 %, углекислого газа – 0,03 %, азота – 78 %;
- б) кислорода – 15,5 %, углекислого газа – 5,5 %, азота – 79 %;
- в) кислорода – 20,97 %, углекислого газа – 0,03 %, азота – 79 %;
- г) кислорода – 20,27 %, углекислого газа – 0,03 %, азота – 79,7 %;
- д) кислорода – 16,3 %, углекислого газа – 4 %, азота – 79,7 %.

37. Дыхательный центр располагается:

- а) в продолговатом мозге;
- б) мозжечке;

- в) промежуточном мозге;
- г) коре головного мозга;
- д) среднем мозге.

38. Отделы ЦНС, участвующие в регуляции дыхания:

- а) гипоталамус, задний мозг, кора больших полушарий;
- б) мозжечок, лимбическая система, продолговатый мозг;
- в) кора больших полушарий, спинной мозг, средний мозг;
- г) продолговатый мозг, задний мозг, кора больших полушарий;
- д) четвертый мозговой желудочек, кора больших полушарий, мозжечок.

39. Приводит к полной остановке дыхания разрушение мозга:

- а) спинного;
- б) среднего;
- в) мозжечка;
- г) продолговатого;
- д) коры.

40. Весь процесс газообмена протекает:

- а) в носовой полости;
- б) бронхах;
- в) трахее;
- г) легочных альвеолах;
- д) бронхиолах.

Глава 4. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

4.1. Общая характеристика обмена веществ

Обмен веществ (метаболизм) представляет собой систему биохимических реакций. Он является основой жизнедеятельности организма.

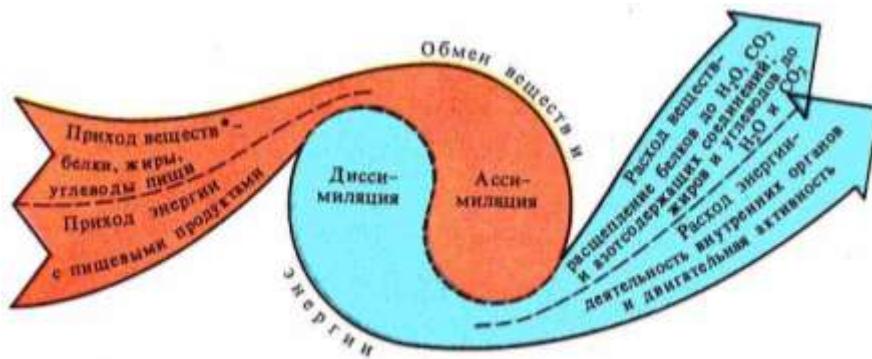
- Обмен веществ состоит из 2 тесно связанных процессов (рис. 125):

- 1) **ассимиляция (анаболизм)** – процесс усвоения организмом питательных веществ, поступающих из внешней среды. Питательные вещества ассимилируются и становятся белками, жирами и углеводами, присущими данному организму, его строительными материалами и энергетическими ресурсами. Эти биохимические превращения совершаются при участии ферментов;
- 2) **диссимиляция (катаболизм)** – процесс распада сложных органических веществ, сопровождающийся освобождением большого количества энергии.

Процессы ассимиляции и диссимиляции способствуют постоянному обновлению состава организма.

Для каждого вида животных характерен свой тип обмена веществ, который зависит от климата, кормления, условий содержания, возраста, породы, пола и наследственных особенностей.

Обмен веществ и энергии регулируется центральной нервной системой, в первую очередь корой головного мозга и подкорковыми образованиями. Особое значение имеет гипоталамус. В нервных клетках этого отдела мозга расположены центры регуляции обмена веществ и энергии. Через вегетативную нервную систему и железы внутренней секреции гипоталамус регулирует жизнедеятельность клеток, органов и тканей.



Примечание. *За исключением белков, жиров, углеводов, экскрементов.

Рисунок 125 – Общее представление об обмене веществ и энергии

- Обмен веществ у животных состоит из 3 этапов (рис. 126):

1-й этап – пищеварение. В пищеварительном тракте происходит переваривание корма в результате механической, биологической и химической обработки;

2-й этап – всасывание веществ в кровь и лимфу. Происходит синтез и распад органических веществ с образованием промежуточных и конечных продуктов обмена. Этот этап называют *промежуточным обменом* и подразделяют на *белковый, углеводный, липидный, минеральный и водный обмены*;

3-й этап – выведение конечных продуктов обмена веществ из организма.



Рисунок 126 – Схема обмена веществ

4.2. Обмен белков и его регуляция

Белки входят в состав всех тканей и органов животного. Они принимают участие в регуляции метаболизма, в сократительных процессах и реакциях иммунитета. Белки являются также компонентами системы дыхания (гемоглобин).

Структурными единицами белка являются аминокислоты. Все аминокислоты содержат аминогруппу и карбоксильную группу. Аминогруппа позволяет аминокислоте выступать в роли основания и реагировать с кислотами, а карбоксильная группа позволяет ей реагировать с основаниями. Поэтому белки могут выполнять роль буферов. Наиболее важны для организма 20 аминокислот. Из них 8 являются

незаменимыми, 8 заменимыми и 4 – частично заменимыми. *Заменимые аминокислоты* могут синтезироваться в организме из других аминокислот или органических соединений (например, аланин, глицин, пролин, серин и др.). *Незаменимые аминокислоты* не синтезируются в организме, но необходимы для его нормального роста и развития (например, валин, метионин, лизин, триптофан и др.). *Частично заменимыми аминокислотами* являются аргинин, гистидин, цистein и тирозин.

Животные белки содержат все незаменимые аминокислоты и называются *полноценными белками*. Растительные белки содержат не все незаменимые аминокислоты и называются *неполноценными*.

Белки тканей имеют характерный для данного вида животного аминокислотный состав. Аминокислоты используются для синтеза гормонов и ферментов, а также подвергаются окислению и используются в качестве энергетического материала.

- В обмене аминокислот большое значение имеют 3 реакции:

- 1) **дезаминирование** – реакция отщепления аминогруппы от аминокислоты с выделением аммиака. Различают 3 типа дезаминирования: 1) *восстановительный*; 2) *окислительный* и 3) *гидролитический*. Продуктами дезаминирования аминокислот являются различные *кетокислоты* (пищевая кислота, щавелевоуксусная и др.), *оксикислоты* (молочная кислота и др.) с выделением *аммиака*, *двуокиси углерода* и *воды* (рис. 127). У животных преобладает окислительный тип дезаминирования. Аммиак токсичен для животных, поэтому под действием ферментов он обезвреживается и переходит в *мочевину*;
- 2) **трансаминирование (переаминирование)** – реакция переноса аминогруппы с аминокислоты на кетокислоту, в результате чего образуются новая кетокислота и новая аминокислота без промежуточного образования аммиака. Процесс трансаминирования легко обратим, при нем общее количество аминокислот в клетке не меняется;
- 3) **декарбоксилирование** – реакция отщепления карбоксильной группы аминокислот в виде двуокиси углерода, которая приводит к образованию *биогенных аминов*, оказывающих фармакологическое действие на различные физиологические функции.

Главным конечным продуктом азотистого обмена у млекопитающих является *мочевина*, а у птиц и рептилий – *мочевая кислота*. Также конечными продуктами азотистого обмена являются *креатин* и *гиппуровая кислота*.

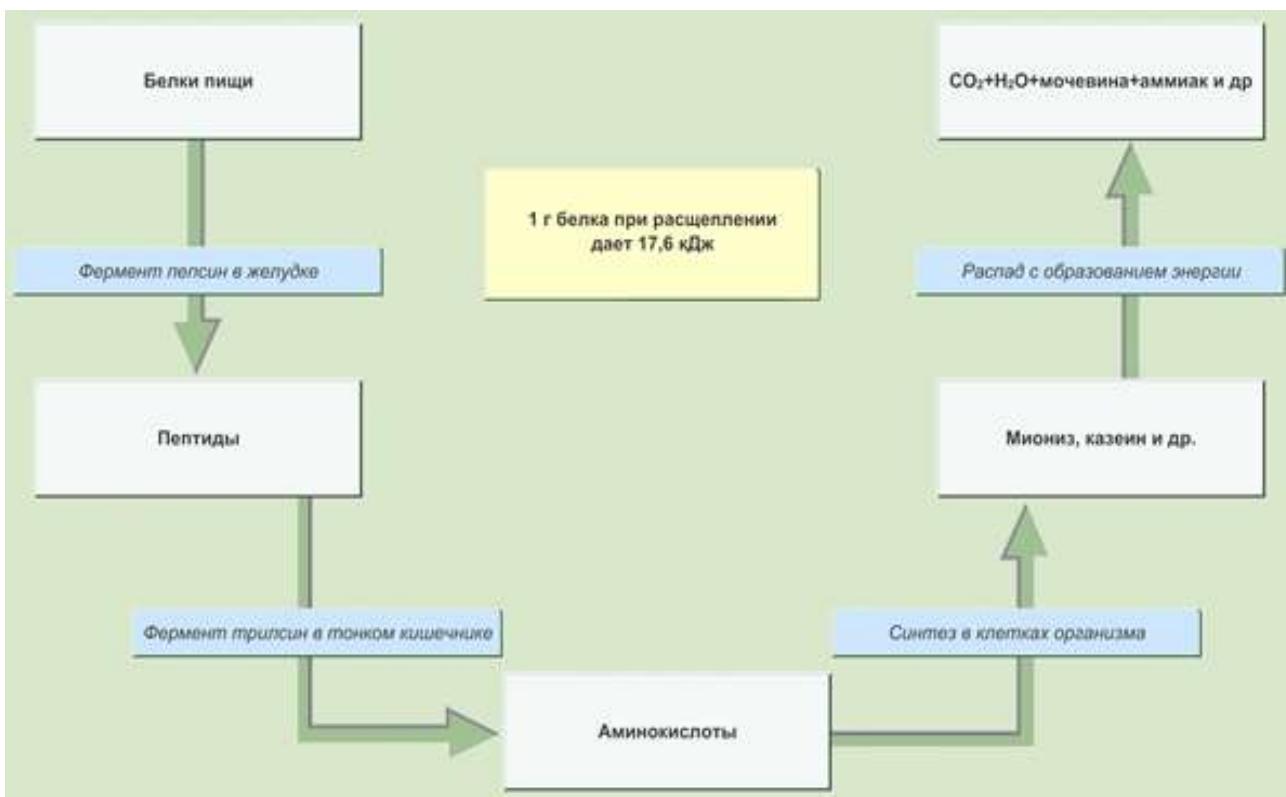


Рисунок 127 – Обмен белков

Образование мочевины происходит в печени в результате *орнитинового цикла*. Начальным этапом синтеза мочевины является соединение аммиака с угольной кислотой и АТФ, в результате чего образуется карбамилфосфат. Карбамилфосфат присоединяется к орнитину и образуется цитрулин, который переходит в аргинин. Аргинин под действием аргиназы распадается на мочевину и орнитин.

Белковый обмен регулируется *центральной нервной системой*. Центры регуляции белкового обмена находятся в гипоталамусе промежуточного мозга. На белковый обмен влияет также кора больших полушарий.

Гуморальная регуляция осуществляется щитовидными железами, надпочечниками и гипофизом (рис. 128). При гиперфункции щитовидной железы обмен белков повышается, а при гипофункции – замедляется. Под влиянием гормонов коркового слоя надпочечников усиливается дезаминирование, ускоряется распад белков и аминокислот и увеличивается общий обмен белков. Под влиянием гормона *роста* гипофиза стимулируется синтез белков в мышцах и печени.

Большую роль в белковом обмене играют печень и почки. В печени происходит синтез белков, процессы трансаминирования и дезаминирования. В ней обезвреживается аммиак и превращается в мочевину, а также обезвреживаются продукты гниения белков (индол, скатол, фенолы).

В почках происходит дезаминирование аминокислот, через них выделяются продукты азотистого обмена (мочевина, креатинин, мочевая кислота, аммиак, гиппуровая кислота).

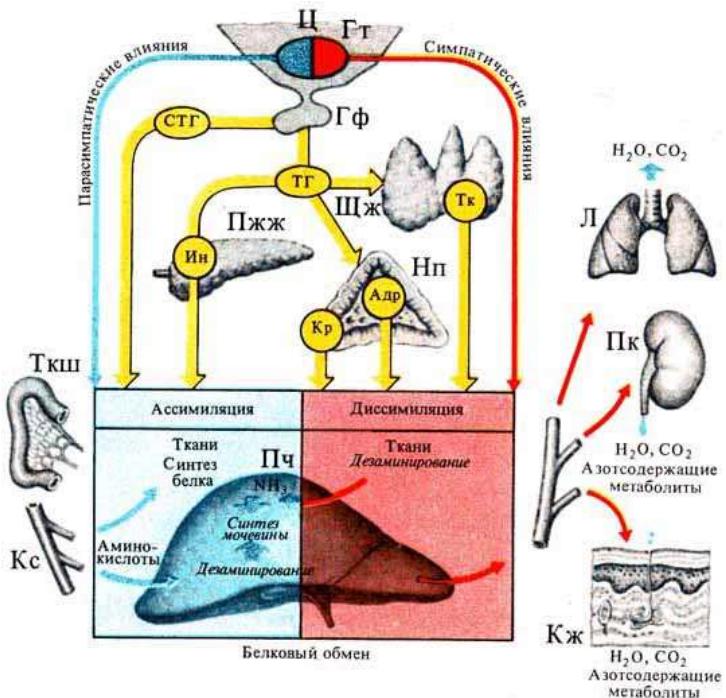


Рисунок 128 – Регуляция белкового обмена:

Ц – центры, контролирующие белковый обмен; ТГ – «тропные» гормоны; Тк – тироксин; Кр – кортикоиды; Адр – адреналин; Ин – инсулин; СТГ – соматотропный гормон; Гт – гипоталамус; Гф – гипофиз; Пжж – поджелудочная железа; Щж – щитовидная железа; Нп – надпочечник; Тки – тонкий кишечник; Кс – кровеносные сосуды; Л – легкие; Пк – почка; Пч – печень; Кж – кожа

4.3. Обмен углеводов и его регуляция

Углеводы служат основным источником энергии в организме. Некоторые углеводы соединяются с белками и липидами и образуют структурные компоненты клеток и их оболочек. Рибоза и дезоксирибоза входят в состав ДНК и РНК.

Основной источник углеводов для сельскохозяйственных животных – это клетчатка. При расщеплении клетчатки образуется глюкоза. Одна ее часть всасывается в кровь, другая служит пищей для микроорганизмов и подвергается распаду с образованием летучих жирных кислот (уксусной масляной, пропионовой и др.).

Всосавшиеся из пищеварительного тракта углеводы через воротную вену поступают в печень, где из них образуется гликоген. В печени он депонируется и служит основным источником образова-

ния глюкозы. Часть глюкозы из печени поступает в большой круг кровообращения и транспортируется кровью в органы и ткани, где окисляется и используется как источник энергии. Неиспользованная часть глюкозы превращается в жировых депо в триглицериды (рис. 129).

Печень регулирует постоянство концентрации сахара в крови. При избыточном поступлении углеводов в организм в печени происходит синтез гликогена, а при недостаточном поступлении гликоген в ней распадается до глюкозы. Синтез гликогена из глюкозы происходит также в мышцах.

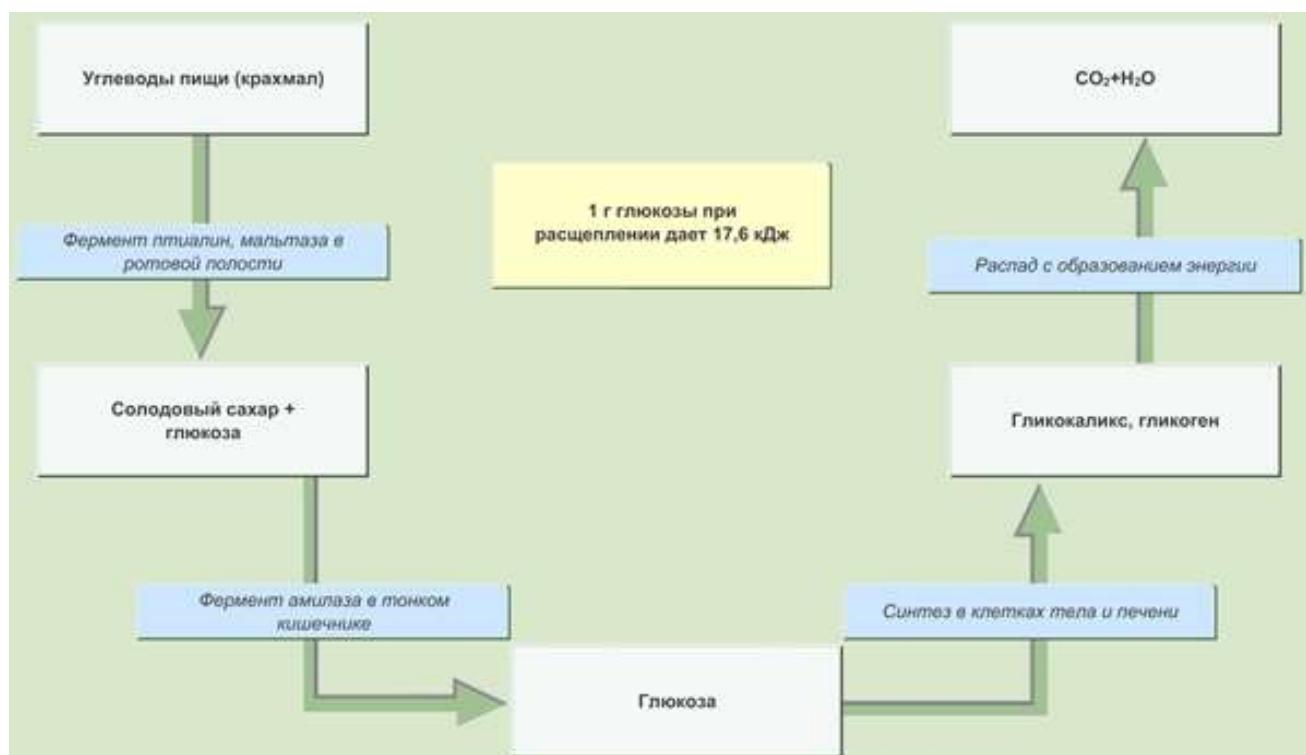


Рисунок 129 – Обмен углеводов

- В организме животных использование гликогена и глюкозы клетками и тканями происходит двумя путями:

- 1) **анаэробный гликолиз** – распад углеводов без участия кислорода. При этом вначале образуется *пировиноградная кислота*, которая затем восстанавливается в *молочную кислоту*. Этот путь окисления углеводов энергетически менее выгоден, чем аэробное их окисление. Образующаяся молочная кислота окисляется в аэробных условиях до CO_2 и H_2O или снова превращается в гликоген;
- 2) **аэробный гликолиз** – распад углеводов с участием кислорода. Конечными продуктами окисления углеводов в тканях являются *двуокись углерода и вода*. При этом полностью освобождается заключенная в углеводах энергия.

Углеводный обмен регулируется *центральной нервной системой*. Центром регуляции углеводного обмена является скопление нервных клеток в промежуточном мозге. В регуляции участвуют также кора головного мозга и вегетативная нервная система. При этом симпатическая нервная система регулирует распад гликогена до глюкозы, а парасимпатическая нервная система – образование гликогена из глюкозы.

Гуморальная регуляция осуществляется поджелудочной и щитовидной железами, надпочечниками и гипофизом (рис. 130). При гиперфункции щитовидной железы уменьшается содержание гликогена в печени. Гормон поджелудочной железы *инсулин* понижает уровень сахара в крови за счет усиления синтеза гликогена в печени и мышцах, а гормон *глюкагон* повышает уровень сахара в крови за счет ускорения расщепления гликогена в печени. Гормон мозгового слоя надпочечников *адреналин* усиливает распад гликогена в печени и мышцах, в результате чего увеличивается уровень сахара в крови. Гормон *роста* гипофиза снижает использование глюкозы и повышает ее уровень в крови.

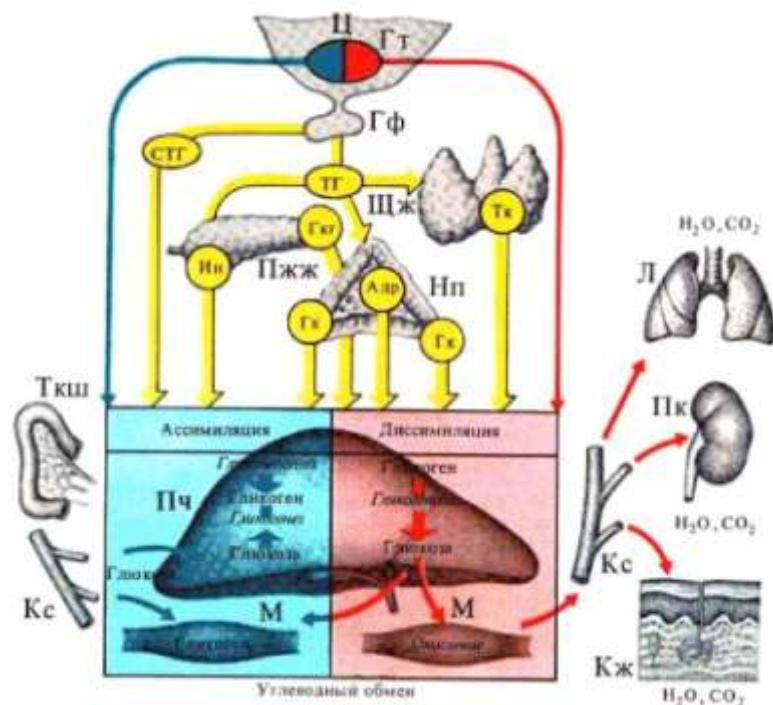


Рисунок 130 – Регуляция углеводного обмена:

Ц – центры, контролирующие углеводный обмен; ТГ – «тропные» гормоны;

Тк – тироксин; Гк – глюкокортикоиды; Гкг – глюкагон; Адр – адреналин;

Ин – инсулин; СТГ – соматотропный гормон; Гт – гипоталамус;

Гф – гипофиз; Пжж – поджелудочная железа; Щж – щитовидная железа;

Нп – надпочечник; Тки – тонкий кишечник; Кс – кровеносные сосуды;

Л – легкие; Пк – почка; Пч – печень; М – мышцы; Кж – кожа

4.4. Обмен липидов и его регуляция

К липидам относятся жиры и жироподобные вещества. Молекула жира состоит из одной молекулы глицерина и трех молекул жирной кислоты, поэтому их называют *триглицеридами*, или *нейтральными жирами*. К жироподобным веществам относятся *фосфолипиды*, *стериоиды*, *холестерин*, *воски* и *гликолипиды*.

Фосфолипиды способствуют всасыванию жиров, участвуют в их транспорте кровью, в синтезе жира молока, предотвращают ожирение печени, играют важную роль при развитии зародыша.

Стероиды – жироподобные вещества, к которым относятся стероидные гормоны (гормоны коркового слоя надпочечников, мужские и женские половые гормоны), желчные кислоты, холестерин и витамин D.

Холестерин – участвует в образовании желчных кислот, гормонов коры надпочечников и половых гормонов, обезвреживает ядовитые вещества.

Жирные кислоты с одной или несколькими двойными связями называются *ненасыщенными*, а жирные кислоты, молекулы которых представляют собой прямую углеродную цепь, называются *насыщенными*. В состав любого жира входят насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Жиры, содержащие большое количество ненасыщенных жирных кислот, более тугоплавкие и твердые. Ненасыщенные жирные кислоты находятся в основном в растительных жирах, а насыщенные – в животных жирах.

Большое биологическое значение имеют такие ненасыщенные жирные кислоты, как арахидоновая, линолевая и линоленовая. Линолевая кислота (витамин F) незаменима для животного организма и должна поступать с кормом. Линоленовая и арахидоновая кислоты могут образоваться из линолевой кислоты при наличии витаминов группы В.

Липиды являются компонентами плазматической мембраны, ядерной оболочки и некоторых органелл клетки. Они содержатся в мозге, нервной ткани и надпочечниках. Основная масса липидов откладывается в качестве запасного материала, образуя жировую ткань. Жиры регулируют тепловой баланс. Они плохо проводят тепло и ограничивают теплоотдачу. Жировая ткань защищает внутренние органы от механических воздействий. Жир сальных желез защищает кожу от высыхания. Жиры являются основным резервом энергии в организме. Они служат источником образования воды в организме, а также являются растворителями витаминов групп А, D, Е, К.

Комплекс липидов с белками называется *липопротеидами*, которые также являются резервами жира.

- Различают 2 вида жировой ткани:

- 1) *белая жировая ткань* – участвует в накоплении липидов и играет основную роль в энергетическом обмене путем образования больших резервов энергии;
- 2) *бурая жировая ткань* – имеется у эмбрионов и животных в постнатальный период. Бурый жир поддерживает температуру тела у новорожденных. В клетках бурой жировой ткани находится большое количество митохондрий. Цвет этой ткани зависит от железосодержащих пигментов – цитохромов, которые являются составной частью окислительной ферментативной системы митохондрий.

В желудочно-кишечном тракте липиды расщепляются ферментами липазами, содержащимися в желудочном, поджелудочном и кишечном соках, при участии желчи до глицерина и жирных кислот (рис. 131). Жирные кислоты соединяются с желчными кислотами и проникают через ворсинки кишечника в его стенку. В стенке кишечника жирные кислоты снова образуют с глицерином жир, свойственный для данного вида животных. Данный жир соединяется с белками и образует *хиломикроны*, которые из стенки кишечника попадают в кровь и лимфу, а затем в легкие.

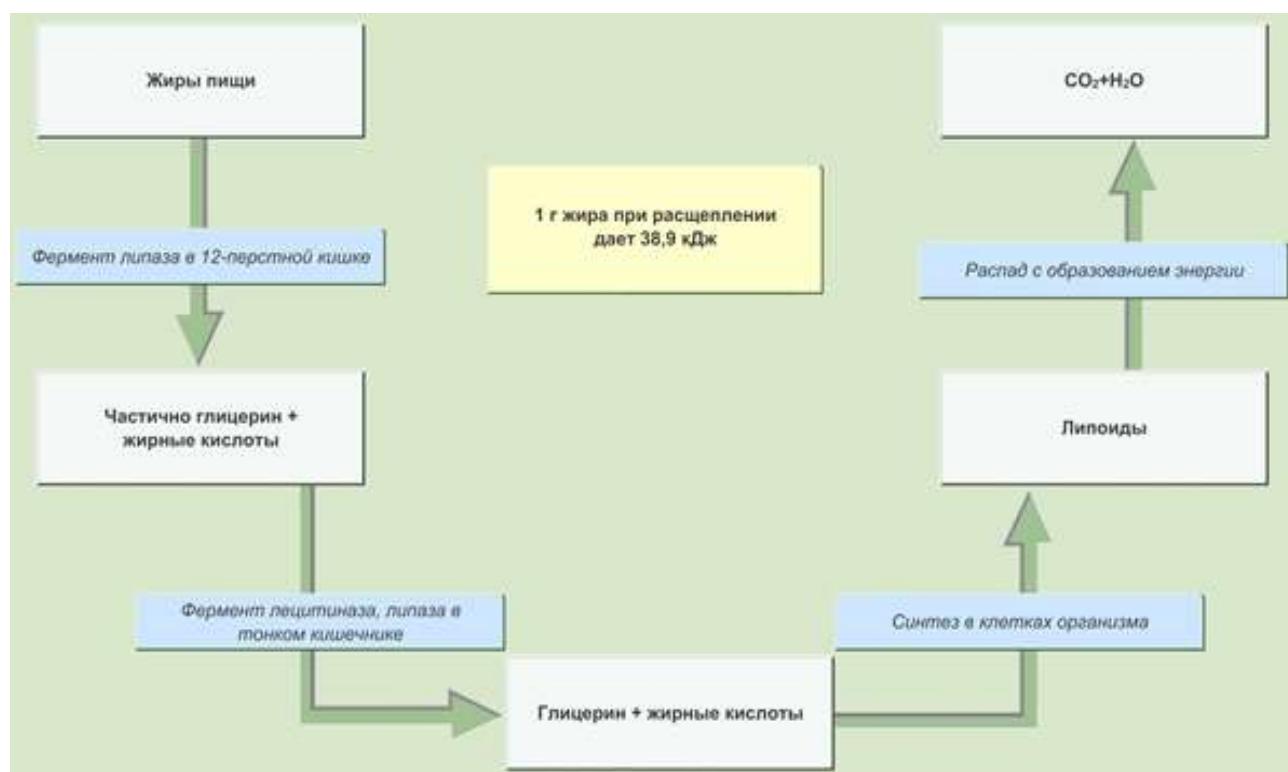


Рисунок 131 – Обмен жиров

В легких имеются особые клетки – гистиоциты, которые способны захватывать жир. При избыточном всасывании жира он задерживается в гистиоцитах, что предохраняет кровь от избыточного поступления жира. В легких происходит также расщепление жира, т. е. окисление жирных кислот, а образовавшееся при этом тепло согревает поступивший в легкие воздух.

Из легких хиломикроны поступают в кровь и часть их расщепляется липазой до *жирных кислот* и *глицерина* с высвобождением энергии, а часть откладывается в виде запасного жира (в подкожной клетчатке, сальнике). Глицерин и жирные кислоты затем окисляются и превращаются в *ацетилкофермент А*. Ацетилкофермент А из печени с кровью доставляется к клеткам различных тканей и окисляется до *двуокиси углерода* и *воды*. Побочными продуктами окисления липидов являются *кетоновые (ацетоновые) тела*: ацетоуксусная кислота, β -оксимасляная кислота и ацетон. Увеличение концентрации ацетоновых тел в крови оказывает вредное влияние на организм, особенно на центральную нервную систему.

Обмен липидов регулируется *центральной нервной системой*. Центр регуляции липидного обмена находится в промежуточном мозге. Регуляция осуществляется через симпатическую и парасимпатическую систему. Возбуждение симпатической нервной системы усиливает расщепление жира. Слабая возбудимость симпатической нервной системы уменьшает расщепление жира и приводит к ожирению.

Гуморальная регуляция осуществляется гипофизом, поджелудочной, щитовидной и половыми железами (рис. 132). Гормон поджелудочной железы *инсулин* и гормон гипофиза *пролактин* регулируют переход углеводов в жиры. Гормон щитовидной железы *тироксин* стимулирует расщепление жира. Гормон *роста* гипофиза ускоряет выход жирных кислот из жировой ткани и их сгорание. Выделяемая при этом энергия обеспечивает синтез белка, что ведет к росту организма. Следовательно, гормон роста способствует экономическому расходу белков и интенсивному использованию вместо них жиров. Гипофункция гипофиза приводит к отложению жиров, а гиперфункция – к истощению. Удаление половых желез приводит к избыточному отложению жира в организме, поэтому при откорме животных применяют кастрацию.

Изменение липидного обмена происходит при нарушении функции желудочно-кишечного тракта. При недостаточном содержании жиров в корме у животных возникают авитаминозы из-за недостатка жирорастворимых витаминов, которые поступают в организм вместе

с жирами. При недостатке в кормах фосфатидов может наступить жировое перерождение печени.

4.5. Обмен воды

Количество воды в организме животных составляет около 65% массы тела, недостаток поступления воды вызывает тяжелые нарушения жизнедеятельности, вплоть до смерти. Все биохимические реакции в организме идут в водных растворах. Сложные вещества могут синтезироваться только в водных растворах. С обменом воды связано не только поступление питательных веществ в организм и их всасывание, но и выделение конечных продуктов обмена веществ. Кроме того, от поступления и выделения воды зависят распределение и отдача тепла в организме.

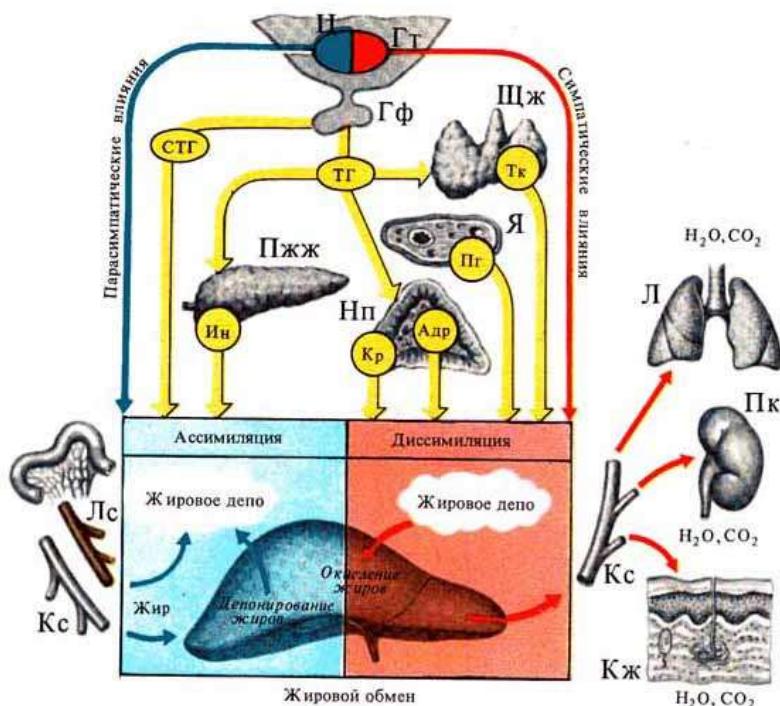


Рисунок 132 – Регуляция жирового обмена:

Ц – центры, контролирующие жировой обмен; ТГ – «тропные» гормоны; Тк – тироксин; Кр – кортикоиды; Пг – половые гормоны; Адр – адреналин; Ин – инсулин; СТГ – соматотропный гормон; Гт – гипоталамус; Гф – гипофиз; Пжж – поджелудочная железа; Щж – щитовидная железа; Нп – надпочечник; Я – яичник; Кс – кровеносные сосуды; Лс – лимфатические сосуды; Л – легкие; Пк – почка; Кж – кожа

Химически чистой воды в организме нет, в ней растворены многие вещества: белки, сахара, витамины и минеральные соли. Вода в

организм поступает вместе с питьевой водой и кормом. Некоторое количество ее образуется и в организме.

Вода в организме распределяется примерно следующим образом: 71 % всего ее количества находится внутри клеток, 19 % сосредоточено в тканях и 10 % входит в состав плазмы, лимфы и других жидкостей, циркулирующих в организме. Основное депо воды в теле животного – мышцы (50 %), кожа, подкожная клетчатка, печень, почки и другие органы.

Потребность в воде у разных животных неодинакова, она зависит от характера кормления. При потреблении сухого корма организму нужно больше воды, чем при даче влажного корма.

Вода, поступившая с кормом в организм, всасывается в желудочно-кишечном тракте и через воротную вену попадает в печень, а затем в общий круг кровообращения. Из капилляров она переходит в ткани, а ткани выделяют воду обратно в кровеносную систему. Кроме того, вода из клеток тканей поступает частично в межклеточные пространства, в лимфатические пространства и через лимфатический грудной проток вновь возвращается в кровеносную систему.

На обмен воды между тканями и кровью оказывают влияние кровяное давление в капиллярах, общая концентрация хлористого натрия и коллоидных веществ, т. е. осмотическое и онкотическое давление. Этот механизм и обеспечивает перемещение воды и питательных веществ плазмы из кровеносного русла в ткани и поступление в кровь продуктов тканевого обмена.

Выделение воды из организма осуществляется через почки с мочой, через легкие в парообразном состоянии, через кишечник с экскрементами, через кожу с потом.

Количество потребляемой и выделяемой воды регулируется *центральной нервной системой*. Неизменность осмотической концентрации крови в организме поддерживается специальной системой, начальным звеном которой служат осморецепторы. Способностью осмоцентров обладают и нейроны гипоталамуса. Обезвоживание организма активизирует деятельность этих нейронов. В них образуется антидиуретический гормон (АДГ), который поступает в гипофиз, а затем выделяется в кровь и переносится к почкам. При этом увеличивается всасывание воды в почечных канальцах и уменьшается диурез.

Гуморальная регуляция осуществляется щитовидной железой, половыми железами, надпочечниками, поджелудочной железой. Особое значение имеет влияние гипофиза. Гормон передней его доли усиливает мочеотделение, а задней – уменьшает объем выделяющейся мочи.

4.6. Обмен минеральных веществ

Минеральные вещества входят в состав всех органов и тканей организма и играют важную роль в процессах обмена. Для нормального роста и развития организм должен получить с кормом достаточное количество минеральных веществ.

В организме животных имеются все известные химические элементы и их изотопы. Они находятся в тканях животных в различных состояниях: в костях в виде минеральных солей, в мягких тканях в виде истинных или коллоидных растворов в соединении с белками.

Минеральные вещества участвуют в обеспечении нормального водного баланса и распределении воды в организме; в поддержании осмотического давления крови и клеточных жидкостей; в регуляции кислотно-щелочного равновесия; во многих химических реакциях как катализаторы; в создании оптимальной среды для действия ферментов и гормонов; оказывают влияние на функцию центральной нервной системы, сердца, кровеносных сосудов.

Минеральные вещества должны постоянно поступать в организм с кормом, так как они постоянно выделяются из организма через почки, желудочно-кишечный тракт и кожу. Поэтому недостаток или отсутствие в рационе некоторых солей приводят к определенным расстройствам функций организма.

При недостатке минеральных веществ нарушаются физиологические процессы, что ведет к задержке роста и развития молодняка, снижению продуктивности, возникновению различных заболеваний.

Макроэлементы. Минеральные вещества, присутствующие в организме в больших количествах, называются **макроэлементами**. Наибольшее значение имеют соли **натрия, калия, кальция, фосфора, магния, серы, хлора, железа**.

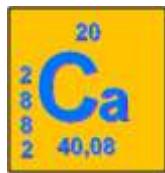
K 39,098 Kalium Калий	Na 11 1 8 2 22,9898
---------------------------------------	----------------------------------

Натрий и калий в организме животных находятся преимущественно в виде растворенных в воде и ионизированных хлористых, фосфорнокислых, углекислых и сернокислых солей.

Незначительная часть этих элементов соединена с белками и продуктами обмена – метаболитами. Кальций содержится внутри клеток, натрий – в межклеточных жидкостях.

В физиологии животного организма особое значение имеет хлорид натрия, который обуславливает постоянство осмотического дав-

ления крови и межтканевой жидкости. С постоянством концентрации хлорида натрия связан переход воды из тканей в окружающую их среду и обратно. Следовательно, хлорид натрия играет существенную роль в регуляции водного обмена. Ионы натрия находятся в составе буферных систем крови и оказывают влияние на активность некоторых ферментов. Ионы натрия необходимы для транспорта аминокислот через ядерную мембрану к месту синтеза нуклеопротеидов. Натрий резко повышает использование азота организмом.



Ионы калия участвуют в процессе передачи возбуждения и образования медиатора ацетилхолина. Калий влияет на работу сердца – поддерживает его автоматизм, понижает тонус мышц и замедляет ритм сердечных сокращений.

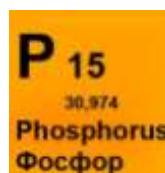
Поваренная соль – необходимая подкормка для всех сельскохозяйственных животных.

При нормальном состоянии более 35 % выделяемого натрия и около 90 % калия выводится из организма с мочой, остальная часть с потом и калом.

Кальций в основном используется как пластический материал: 97–99 % кальция входит в состав костной ткани. Кальций также обеспечивает возбудимость нервной и мышечной тканей, понижает проницаемость кровеносных сосудов, повышает защитные функции организма, увеличивая фагоцитарную функцию лейкоцитов.

Ионы кальция повышают тонус парасимпатической нервной системы, что ведет к усилению тонуса сердца, гладких мышечных волокон, кровеносных сосудов, к изменению проводимости клеточных оболочек. Кроме того, ионы кальция участвуют в ферментативных процессах свертывания крови, способствуют росту и развитию молодого организма, благоприятно влияют на молочность коров и жирность молока.

Снижение концентрации кальция в крови вызывает судороги. При длительной его недостаточности у молодняка развивается рахит. Из организма кальций выводится почками, печенью, эпителием толстого кишечника. У коров кальций выделяется в основном с молоком.



Фосфор в организме в основном находится в костной ткани в виде фосфорно-кальциевых соединений. Соли фосфорной кислоты входят в состав всех клеток и межклеточных жидкостей, различных белков, липидов, углеводов, ферментов. Процесс фосфорилирования имеет большое значение для всасывания веществ. Фосфорная кислота уча-

ствует в обмене белков, жиров, углеводов и витаминов. Кроме того, соли фосфорной кислоты выполняют роль буферных систем при поддержании кислотно-щелочного равновесия в тканях.

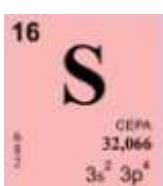
При нарушении обмена фосфора и кальция могут возникнуть рахит, остеопороз, остеомаляция.

Неограниченный фосфор выводится из организма с мочой и калом. В период лактации животных много фосфора выводится с молоком.



Магний преимущественно входит в состав костной ткани в виде фосфорнокислого магния. Он способствует соединению актина с миозином, участвующих в процессах сокращения мышц. Ионы магния принимают участие в окислительном фосфорилировании. Магний активизирует процессы биосинтеза протеинов и выработки антител.

В норме 50–80 % магния выделяется кишечником, а остальная часть – почками.



Сера входит в состав белков, аминокислот, физиологически активных веществ (инсулин, кофермент А, ряд белковых гормонов). Сера имеется в составе витаминов – тиамина и биотина. Особенно много ее в рогах, шерсти.

Основное количество серы поступает в организм вместе с белками корма. Она используется для обезвреживания ряда ядовитых веществ (продуктов обмена), участвует в синтезе бактериального белка в рубце жвачных.

Из организма сера выделяется в основном с мочой, в виде солей серной кислоты, частично с калом и жиропотом (у овец).



Хлор находится во всех жидкостях организма в виде хлористых соединений с натрием и марганцем и принимает участие во всех физиологических и биохимических процессах. Хлор входит в состав желудочного сока в виде соляной кислоты. Ионы хлора поддерживают осмотическое давление в жидкостях организма и активируют некоторые ферменты, способствуют нормализации функции нервной системы и повышению продуктивности животного.

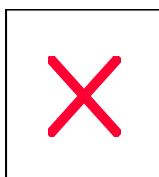


Железо поступает в организм вместе с кормами в виде неорганических соединений. Оно присутствует в составе гемоглобина, миоглобина, пероксидазы, оксидаз, каталазы и цитохромных ферментов, участвующих в биологическом окислении. Железо играет особую роль в процессах кровообразования.

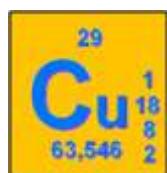
После всасывания железо откладывается в печени, селезенке и слизистой оболочке кишечника в виде ферритина, представляющего собой соединения гидрата окиси железа с белком.

При недостатке железа нарушается образование эритроцитов, что приводит к возникновению анемии.

Микроэлементы. Минеральные вещества, содержащиеся в тканях в незначительных количествах, называют **микроэлементами**. Они принимают участие в росте и развитии животных, повышении их продуктивности, плодовитости и устойчивости против различных заболеваний. К таким микроэлементам относят *кобальт, медь, марганец, цинк, йод, фтор, стронций*.



Кобальт выполняет биологическую роль в обмене веществ. Он активизирует ферменты фосфатазу, карбоксилазу, каталазу, усиливает ассимиляцию азота и основной обмен. Кобальт ускоряет рост и развитие, повышает молочную и шерстную продуктивность сельскохозяйственных животных, увеличивает выработку эритроцитов и гемоглобина крови, улучшает качество спермы. Кобальт играет большую роль в организме жвачных – обеспечивает синтез витамина В₁₂ в рубце, усиливает активность микрофлоры.



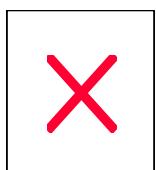
Медь входит в состав белковых соединений и ферментов. Она содержится в крови и во всех тканях животных, откладывается в значительных количествах в печени и селезенке. Медь принимает участие в кровообразовании, синтезе гемоглобина, а также является катализатором, ускоряет окисление аскорбиновой кислоты. Она способствует пигментации шерсти и пера, остеосинтезу, формированию миелина, коллагена, эластина, воздействует на воспроизводительную функцию животных.

При недостатке меди в кормах нарушается процесс роста, функции нервной, мышечной и кровеносной систем, ухудшается аппетит, снижается прирост, молочная продуктивность и воспроизводительная способность, развивается анемия.



Марганец содержится во всех органах и тканях животных. Особенно много его в костях, печени и почках. Он входит в состав некоторых ферментов и усиливает их активность. Марганец играет важную роль в обмене белков, жиров и углеводов.

При недостатке марганца у животных задерживается формирование костей, замедляется рост, теряется способность к размножению.



Цинк входит в состав фермента карбоангидразы, играющей важную роль в процессе дыхания. Он усиливает действие гормонов гипофиза и гормона поджелудочной железы – инсулина. При отсутствии или недостатке цинка в кормах ухудшаются процессы пищеварения и всасывания в кишечнике, задерживается рост животных. Снижается воспроизводительная способность, нарушается формирование шерстного покрова.

I	53
	126,904
Iodum	Йод

Йод задерживается в организме в больших количествах щитовидной железой. Она использует йод для синтеза своих гормонов. Йод оказывает влияние на организм через эти гормоны. Он стимулирует обмен белков, жиров и углеводов, повышает сопротивляемость к вредным воздействиям окружающей среды, ускоряет синтез ферментов.

F	9
	15,998403
Fluorum	Фтор

Фтор встречается во всех органах животных. Наиболее богаты этим элементом кости, зубы, а также сперма. При недостатке фтора в рационе у животных развивается кариес зубов. Избыток его ведет к нарушению обмена веществ. При этом развивается эндемический флюороз, для которого характерны крапчатость зубной эмали, снижение аппетита, замедление роста.

2	38
8	
18	
8	
2	87,62

Стронций содержится во всех органах и тканях животных. Особенно его много в костях и зубах. При отсутствии стронция в кормах у животных развивается кариес зубов, а при избытке – стронциевый ракит.

Регуляция минерального обмена осуществляется *гипоталамусом*. В нем имеются специальные осморецепторные нервные клетки, чувствительные к изменению концентрации эритроцитов. Возбуждение этих клеток вызывает рефлекторные реакции, в результате чего восстанавливается постоянство осмотического давления крови.

В регуляции минерального обмена большое значение имеют также *железы внутренней секреции*.

4.7. Обмен энергии

В результате биохимических реакций в организме образуется химическая энергия, которая используется для поддержания функций органов и может превращаться в другие виды энергии. Химическая энергия питательных веществ заключена в ковалентных связях между атомами в молекуле. Эта энергия освобождается при окислении, в

процессе которого питательные вещества под действием ферментов превращаются в CO_2 и H_2O .

В обмене энергии важную роль играют *макроэргические соединения*, в химических связях которых находится большое количество энергии. К таким соединениям относятся *АТФ, АДФ и креатинфосфат*, при гидролизе которых освобождается энергия. В них аккумулируется химическая энергия, заключенная в углеводах, жирах и белках при их распаде в клетках организма.

Необходимая энергия берется из макроэргических связей АТФ, поэтому АТФ принимает участие в большинстве синтетических процессов, происходящих в организме. При ее расщеплении выделяется энергия, которая может преобразовываться в другие виды энергии: механическую, тепловую и электрическую. В результате различных превращений все виды энергии превращаются в тепловую и выделяются из организма (*рис. 133*).

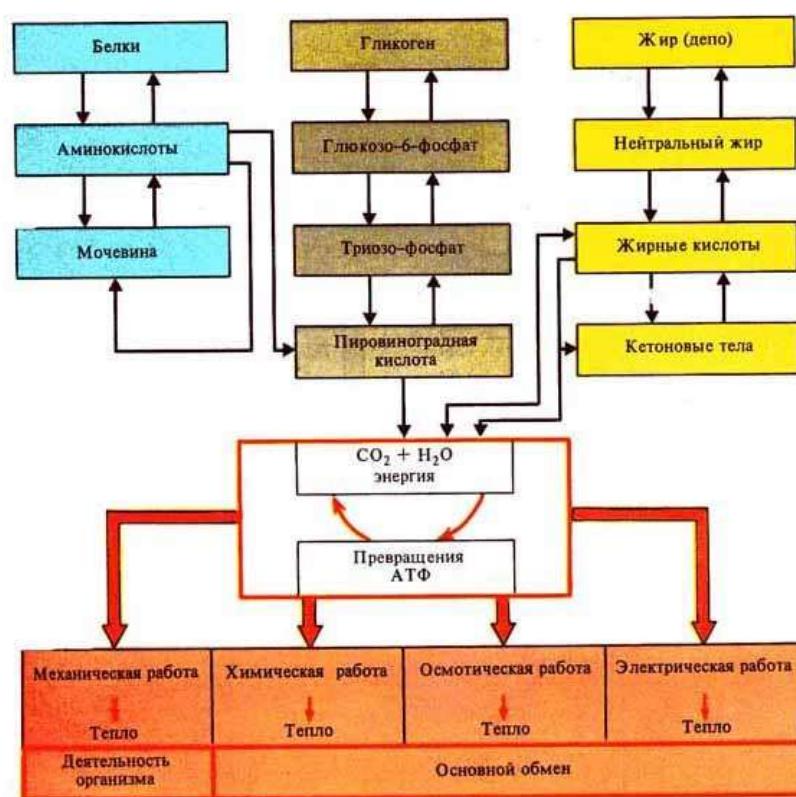


Рисунок 133 – Схема превращения веществ и энергии в организме

Возобновление запасов АТФ в организме происходит в результате **окислительного фосфорилирования**. Это синтез АТФ из АДФ и фосфорной кислоты за счет энергии, выделяющейся при окислении органических веществ в процессе клеточного дыхания (рис. 134).

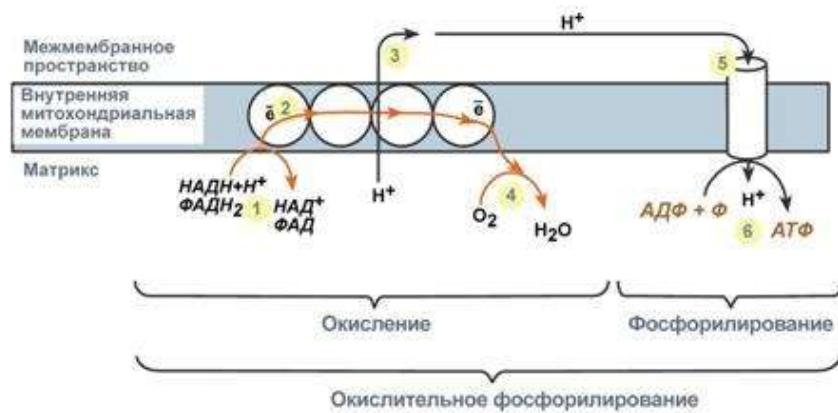


Рисунок 134 – Общие принципы окислительного фосфорилирования

Совокупность всех протекающих в клетках процессов распада питательных веществ, синтеза новых соединений и превращения энергии называется **метаболической мельницей**.

Обмен энергии регулируется *центральной нервной системой*. Ведущая роль в регуляции принадлежит коре больших полушарий. Также в этом принимают участие центры вегетативной нервной системы, расположенные в промежуточном мозге. На интенсивность энергетического обмена оказывает влияние гипоталамус.

Гуморальная регуляция осуществляется гипофизом, поджелудочной и щитовидной железами и надпочечниками.

Лабораторное занятие 8. Обмен веществ и энергии

Цель занятия: ознакомиться с методами исследования обмена веществ и энергии: косвенным методом, прямой и непрямой калориметрии, балансовым методом. Освоить методику балансовых расчетов обмена белка и жира.

8.1. Методы исследования обмена веществ и энергии

- 1. Косвенный метод** – это метод расчета распада питательных веществ, выделенной энергии и поступления в организм питательных веществ и энергии. Расчеты проводят по табличным данным. Величину энергии в организме можно узнать по количеству питательных веществ, поступивших вместе с кормом. В организме энергия жиров и углеводов используется полностью, а белков – частично. Зная количество принятых с кормом белков, жиров и углеводов, можно подсчитать приход энергии. Общий расход энергии в организме можно определить по количеству освобожденного тепла. Этот метод не точный, относительный.
- 2. Метод прямой калориметрии** – это метод непосредственного измерения тепла, выделяемого организмом (рис. 135). Для этого используют специальные калориметрические камеры с теплонепроницаемыми стенками. Количество энергии, выделяемой организмом за определенный промежуток времени, выражается в единицах теплоты – джоулях.

- Существуют 2 типа калориметров – *водяные* и *газовые*:
 - *водяной калориметр* – представляет собой камеру, стенки которой не проводят тепло. По потолку камеры проходит система трубок с водой. Животное на определенное время помещают в такую камеру. Теплота, выделяемая организмом, нагревает воду в системе трубок. Измеряют температуру воды, поступающей в трубы и вытекающей из них, и определяют разность температур и количество протекшей воды. Это дает возможность получить данные о количестве джоулей теплоты, выделенных организмом. Данный метод точный, но использование калориметров для крупных животных затруднительно, поэтому удобнее учитывать затраты энергии в организме методом непрямой калориметрии;

➤ *газовый калориметр* – представляет собой камеру, оборудованную приборами для измерения поглощаемого кислорода и выделяемого углекислого газа, по которым можно определить количество освобождающейся в организме энергии.

3. Метод непрямой калориметрии – более распространенный метод измерения обмена энергии по выделению CO_2 и потреблению O_2 , т. е. по величине газообмена (рис. 135). Газообмен служит показателем уровня окислительно-восстановительных процессов. Чем больше организм освобождает энергии, тем интенсивнее в нем идут окислительные процессы, следовательно, тем больше организм потребляет кислорода и выделяет углекислого газа. Потребление 1 л O_2 или выделение 1 л CO_2 соответствует образованию определенного количества тепла, что называют *калорическим коэффициентом* O_2 или CO_2 .

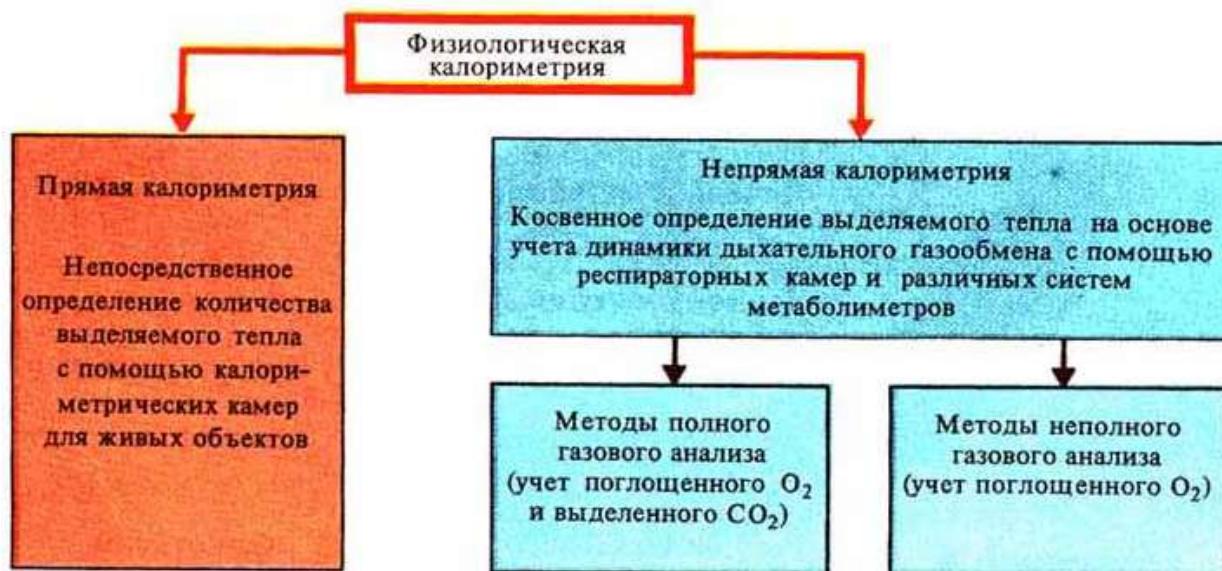


Рисунок 135 – Методы исследования обмена энергии

- Для определения количества поглощенного кислорода и выделившегося углекислого газа применяют 2 методики:
 - камерный метод** – используется для мелких животных. Для точного определения расхода энергии у животных применяют дыхательные камеры, оборудованные установками для измерения поглощаемого в течение опыта кислорода и выделяемого углекислого газа. Для примерного определения расхода энергии достаточно знать состав воздуха камеры за время нахождения в ней животного. По полученным данным определяют дыхательный коэффициент.

Дыхательный коэффициент (ДК) – это отношение объема выделенного CO₂ к объему поглощенного O₂ за определенный промежуток времени.

$$ДК = \frac{VCO_2}{VO_2}.$$

Дыхательный коэффициент позволяет судить о характере обмена веществ. По дыхательному коэффициенту проводят расчеты выделенной энергии и распада питательных веществ (по таблицам);

- б) **масочный метод** – используется для крупных животных. На голову животных надевают специальные респираторные маски и соединяют через систему клапанов с мешком Дугласа из воздухонепроницаемой ткани, который укрепляют на теле животного (рис. 136). Клапаны позволяют свободно вдыхать атмосферный воздух, а выдыхаемый воздух направляют в мешок. Собирают и учитывают выдыхаемый воздух в течение 5 минут. Выдохнутый воздух из мешка пропускают через газовый счетчик для определения его объема, а затем определяют процентное содержание O₂ и CO₂. Зная состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, можно рассчитать количество поглощенного O₂ и выдохнутого CO₂. По полученным данным определяют дыхательный коэффициент и по нему по таблицам проводят расчеты выделенной энергии и распада питательных веществ.

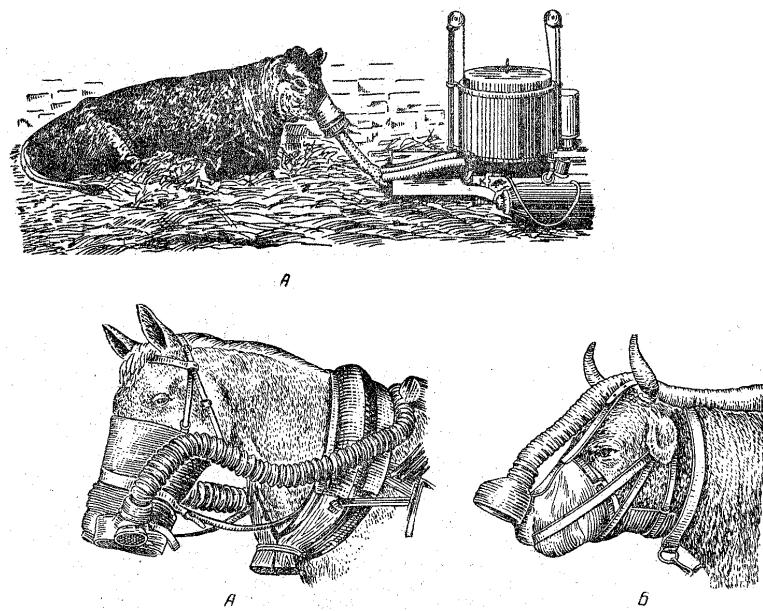


Рисунок 136 – Дыхательные маски для лошади (А) и крупного рогатого скота (Б)

Основной обмен – это выработка энергии в организме в голодном состоянии (натощак) и при полном мышечном покое, т. е. минимальное количество энергии, которое расходуется на функционирование жизненно важных систем.

Основной обмен характеризует интенсивность окислительных процессов в состоянии покоя.

Энергию, затрачиваемую организмом для образования различных видов продукции, называют *продуктивным обменом*.

Основной обмен зависит от породы, вида животного, возраста, пола, живой массы, продуктивности, физиологического состояния (лактации, беременности, мышечной деятельности), времени года.

Чем крупнее животное, тем меньше расходуется энергии на единицу массы тела. У самцов основной обмен выше, чем у самок. У растущих животных потребность в энергии больше, чем у взрослых. Летом и весной основной обмен выше, чем осенью и зимой; днем выше, чем ночью. У лактирующих животных основной обмен выше, чем у сухостойных.

На энергетический обмен влияет прием корма. Этот процесс вызывает повышение обмена веществ в организме животного.

Энергию, заключенную в корме, называют *валовой*, а энергию корма за вычетом энергии в кале – *переваримой энергией*. Энергию, определяемую по разности между валовой энергией корма и потерями ее с калом, мочой и кишечными газами, называют *обменной энергией*. Обменная энергия служит критерием энергетической оценки питательности кормов.

4. Балансовый метод – расчет распада питательных веществ по химическим анализам. Этим методом определяют баланс белков и жиров.

8.2. Определение баланса белка

В состав белковой молекулы и продуктов обмена белков входит азот. Поэтому показателем белкового обмена в организме служит *азотистый баланс*.

Азотистый баланс – это соотношение количества азота, находящегося в выделениях животного (моче и кале) и принятом корме (рис. 137).

- Азотистый баланс может быть 3 видов:

1) *положительный* – преобладание поступления азота над его выведением. Наблюдается при усиленном синтезе белка в период роста и развития организма, во время беременности, при откорме, в восстановительный период после голодаия или болезни;

- 2) *отрицательный* – азота выводится больше, чем поступает с кормом. Наблюдаются при белковом голодании, кормлении неполнценными белками и при заболеваниях, связанных с усиленным распадом белков тканей;
- 3) *азотистое равновесие* – азота поступает и выводится равное количество. Наблюдается в период законченного роста и развития у здоровых животных, находящихся в нормальных условиях кормления и содержания.

Для поддержания азотистого равновесия в организме необходимо поступление определенного количества белка.

Белковый минимум – это минимальное количество белка, способствующее поддержанию азотистого равновесия в организме.



Рисунок 137 – Азотистый баланс

При расчете белкового баланса исходят из того, что в белке содержится азота от 14 до 19 %, в среднем 16 %. Следовательно, 1 г азота содержится в $100 \div 16 = 6,25$ г белка (**азотистый коэффициент белка**).

Мясо содержит 21 % белка. Отсюда 1 г белка соответствует $100 \div 21 = 4,8$ г мяса, а 1 г азота – $6,25 \times 4,8 = 30$ г мяса (**азотистый коэффициент мяса**).

Примерная задача: собаке дано за сутки 300 г мяса. С мочой и калом выделилось 15 г азота. Определить азотистый баланс.

Решение

С мясом принято $300 \div 30 = 10$ г азота

принято азота 10 г

выделено 15 г

азотистый баланс 5 г (отрицательный)

Дополнительно распадалось белковых веществ для восполнения потребностей: $5 \text{ г} \times 6,25 = 31$ г белка или $31 \text{ г} \times 4,8 = 148,8$ г мяса.

Вывод: белковый рацион животного недостаточен, он не возмещает распада белков тела. Белковый минимум в данном случае должен составлять 15 г белкового азота в сутки.

8.3. Определение баланса жира

Жиры являются источником энергии и лишь в небольшом количестве пластическим материалом.

В молекуле нейтрального жира входят углерод, кислород и водород. Расчет баланса жира можно вести по количеству поступающего и выделяемого углерода. При этом при подсчете необходимо исключить то количество углерода, которое содержится в полученном и выводимом организмом белке. Поэтому расчет жирового баланса начинают с вычисления азотистого обмена. Углеродом, который содержится в углеводах, можно пренебречь, так как углеводы являются чисто энергетическим материалом и быстро сгорают в организме.

- Для расчета баланса жиров используют следующие коэффициенты:

1) **углеродистый коэффициент белковой молекулы.** Он равен 3,3 г углерода, которые приходятся на 1 г азота.

В белковой молекуле 53 % углерода, 16 % азота, на 1 г азота приходится $53 \div 16 = 3,3$ г углерода;

2) **углеродистый коэффициент жира.** Он равен 1,3 г, т. е. при распаде 1,3 г жира выделяется 1 г углерода;

В жире содержится углерода 77 %. Следовательно, 1 г углерода приходится в $100 \div 77 = 1,3$ г жира.

Примерная задача: собака ежедневно съедала 500 г мяса и 200 г жира, а выделяла с мочой и калом 12,6 г азота и 135,7 г углерода с мочой, калом и выдыхаемым воздухом.

Решение

500 г мяса содержат $500 \div 30 = 16,6$ г азота. В таком количестве белка должно содержаться $16,6 \times 3,3$ (углеродистый коэффициент белковой молекулы) = 54,8 г углерода.

С кормом принято

500 г мяса – 16,6 г азота и 54,8 г углерода

200 г жира – $(200 \div 1,3) = 153,8$ г углерода

Всего 16,6 г азота, 208,6 г углерода

Выделено 12,6 г азота, 135,7 г углерода

Баланс +4,0 г азота, +72,9 г углерода.

Вывод: баланс азота и жира положительный.

Контрольные вопросы по теме «Обмен веществ и энергии»

1. Какие вещества необходимы для жизнедеятельности организма? В каком виде поступают эти вещества в кровь из пищеварительного тракта?
2. Понятие об общем, основном и промежуточном обмене веществ.
3. Что такое ассимиляция и диссимиляция?
4. Назовите основные этапы обмена веществ.
5. Что такое полноценные и неполноценные белки?
6. Какие функции выполняют белки в организме?
7. Как превращаются в организме всосавшиеся аминокислоты?
8. Понятие об азотистом балансе, белковом минимуме. Назовите виды азотистого баланса.
9. Физиологическая роль углеводов, конечные продукты их обмена и пути выведения из организма.
10. Превращение в организме глюкозы.
11. Как осуществляется регуляция уровня глюкозы в крови?
12. Особенности обмена углеводов у жвачных животных.
13. В чем заключается биологическая роль жиров в организме?
14. Как превращаются в организме всосавшиеся жирные кислоты и глицерин и как выводятся из организма липиды?
15. Регуляция обмена белков, углеводов и липидов.
16. Физиологическая роль воды, макро- и микроэлементов.
17. Регуляция водного и минерального обмена.
18. Как образуется энергия в организме?
19. Методы изучения обмена энергии.
20. Расчет распада питательных веществ по данным газообмена.
21. Что такое дыхательный коэффициент?
22. Что такое основной обмен веществ? Каковы условия его определения?
23. Особенности обмена энергии у сельскохозяйственных животных.

Тест «Обмен веществ и энергии»

1. Процесс усвоения организмом питательных веществ:

- а) всасывание;
- б) диффузия;
- в) осмос;
- г) ассимиляция;
- д) диссимиляция.

2. Процесс распада сложных органических веществ:

- а) анabolизм;
- б) экструзия;
- в) экскреция;
- г) ассимиляция;
- д) диссимиляция.

3. Начальный этап обмена веществ у животных:

- а) выделение;
- б) всасывание;
- в) пищеварение;
- г) межуточный обмен;
- д) экскреция.

4. Второй этап обмена веществ:

- а) выделение;
- б) промежуточный обмен;
- в) пищеварение;
- г) экскреция;
- д) ассимиляция.

5. Заключительный этап обмена веществ:

- а) выделение;
- б) пищеварение;
- в) диссимиляция;
- г) промежуточный обмен;
- д) анabolизм.

6. Единственные органические вещества, которые имеют в своем составе азот:

- а) углеводы;
- б) липиды;
- в) клетчатка;
- г) белки;
- д) липоиды.

7. Структурные единицы белка:

- а) глюкоза;
- б) углеводы;
- в) аминокислоты;
- г) нуклеиновые кислоты;
- д) жирные кислоты.

8. Аминокислоты, которые могут синтезироваться в организме из других аминокислот или органических соединений, относятся к аминокислотам:

- а) частично заменимым;
- б) полноценным;
- в) незаменимым;
- г) неполноценным;
- д) заменимым.

9. Аминокислоты, которые не синтезируются в организме, но необходимы для его нормального роста и развития, относятся:

- а) к полноценным;
- б) заменимым;
- в) незаменимым;
- г) частично заменимым;
- д) неполноценным.

10. Белки, содержащие все незаменимые аминокислоты, называются:

- а) простые;
- б) неполноценные;
- в) сложные;
- г) полноценные;
- д) главные.

11. Белок, в составе которого отсутствует хотя бы одна незаменимая аминокислота:

- а) низкомолекулярный;
- б) неполноценный;
- в) полноценный;
- г) простой;
- д) высокомолекулярный.

12. Состояние азотистого обмена, при котором вводимое с пищей количество азота превышает выводимое из организма:

- а) азотистое равновесие;
- б) отрицательный баланс азота;
- в) уравновешенный азотистый баланс;
- г) положительный баланс азота;
- д) дисбаланс азота.

13. Состояние азотистого обмена, при котором количество азота, вводимого с пищей, меньше, чем количество азота, выводимого из организма:

- а) азотистое равновесие;
- б) отрицательный баланс азота;
- в) уравновешенный азотистый баланс;
- г) положительный баланс азота;
- д) дисбаланс азота.

14. Состояние азотистого обмена, при котором количество вводимого и выводимого азота одинаково:

- а) азотистое равновесие;
- б) отрицательный баланс азота;
- в) азотистый оптимум;
- г) положительный баланс азота;
- д) дисбаланс азота.

15. Минимальное количество белка в рационе, при котором сохраняется азотистое равновесие:

- а) белковый оптимум;
- б) азотистое равновесие;
- в) белковый минимум;
- г) белковое равновесие;
- д) азотистый баланс.

16. Главный конечный продукт азотистого обмена у млекопитающих:

- а) мочевая кислота;
- б) мочевина;
- в) аммиак;
- г) креатин;
- д) гиппуровая кислота.

17. У птиц главный конечный продукт азотистого обмена:

- а) креатин;
- б) мочевина;
- в) аммиак;
- г) мочевая кислота;
- д) гиппуровая кислота.

18. Центры регуляции белкового обмена находятся:

- а) в продолговатом мозге;
- б) таламусе;
- в) гипоталамусе;
- г) среднем мозге;
- д) эпиталамусе.

19. Основной источник энергии в организме:

- а) белки;
- б) углеводы;
- в) витамины;
- г) липиды;
- д) жиры.

20. Конечный продукт аэробного расщепления углеводов:

- а) пировиноградная кислота;
- б) глюкоза;
- в) CO_2 и H_2O ;
- г) молочная кислота;
- д) уксусная кислота.

21. Сахаронизжающий гормон:

- а) инсулин;
- б) глюкагон;

- в) адреналин;
- г) кортизол;
- д) альдостерон.

22. У животных может наблюдаться отрицательный азотистый баланс в период:

- а) роста организма;
- б) беременности;
- в) белкового голодания;
- г) выздоровления после заболевания.

23. Стимулирует синтез белка в организме:

- а) соматотропный гормон;
- б) инсулин;
- в) глюкагон;
- г) адреналин.

24. Принцип непрямой калориметрии:

- а) измерение тепла, потребляемого организмом;
- б) измерение тепла, выделенного организмом;
- в) исследование газообмена организма.

25. Принцип прямой калориметрии:

- а) измерение тепла, потребляемого организмом;
- б) измерение тепла, выделяемого организмом;
- в) исследование газообмена организма.

26. Жиры необходимы для обеспечения в организме:

- а) пластических функций;
- б) энергетического обмена;
- в) пластических и энергетических функций.

27. Критерий определения белкового минимума:

- а) сохранение азотистого равновесия;
- б) возникновение положительного азотистого равновесия;
- в) возникновение отрицательного азотистого равновесия;
- г) сохранение высокой работоспособности.

28. Обмен энергии в состоянии покоя в стандартных условиях:

- а) валовый обмен;
- б) основной обмен;
- в) стандартный обмен.

29. При понижении температуры окружающей среды интенсивность обмена энергии:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

30. При старении организма основной обмен энергии:

- а) возрастает;
- б) снижается;
- в) не изменяется.

31. При беременности потребление белков:

- а) снижено;
- б) не изменено;
- в) повышенено.

Глава 5. ФИЗИОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И ЛАКТАЦИИ

5.1. Физиология размножения самцов

5.1.1. Общая характеристика размножения животных

Размножение (репродукция) – сложный физиологический процесс, обеспечивающий продолжение вида.

У млекопитающих этот процесс происходит при помощи специальных органов размножения, имеющих свои особенности у каждого вида животных.

- Различают 3 периода полового созревания:

- 1) **половая зрелость** – это период созревания в яичниках яйцеклеток и образования в семенниках спермиев. У половозрелых животных появляется особая форма поведения, выражаясь в проявлении половых рефлексов. У самок периодически наступает течка и охота. Половая зрелость наступает раньше, чем заканчивается физиологическое созревание организма: у *крупного и мелкого рогатого скота* – в возрасте 6–10 мес., у *свиней* – 5–8 мес., у *лошадей* – 16–18 мес., у *собак* – 6–8 мес. Поэтому раннее спаривание и беременность задерживают общее созревание, приплод получается слаборазвитый и малопродуктивный;
- 2) **физиологическая зрелость** – это период окончательного развития животных. Только по достижении физиологической зрелости животных можно спаривать. Физиологическая зрелость наступает позже: у *крупного рогатого скота* – в возрасте 16–18 мес., у *мелкого рогатого скота* – 12–15 мес., у *свиней* – 9–11 мес., у *лошадей* – в 3 года, у *собак* – в 12–18 мес.;
- 3) **хозяйственная пригодность** – это период наивысшей продуктивности и получения полноценного приплода.

Для воспроизводства животных используют только с наступлением физиологической зрелости и хозяйственной пригодности. Длительность использования животных для воспроизводства зависит от их племенной ценности и старения. Средний возраст использования *лошадей* – 16–18 лет, *крупного рогатого скота* – 12–14 лет, *овец* – 6–7 лет, *свиней* – 6–9 лет, *собак* – 7–8 лет.

- Размножение бывает:

- **бесполое** (у *простейших* – деление надвое; у *высших растений* – с помощью спор; у *многоклеточных организмов* – почкование, т. е.

размножение путем обособления частей тела и восстановление их до целого индивидуума);

➤ **половое** (слияние женской и мужской половых клеток и образование из них зиготы, из которой развивается сначала эмбрион, а затем – плод).

5.1.2. Органы размножения и их функции у самцов

К органам размножения самцов относятся *семенники с придатками, семяпроводы, придаточные половые железы и совокупительный орган* (рис. 138).

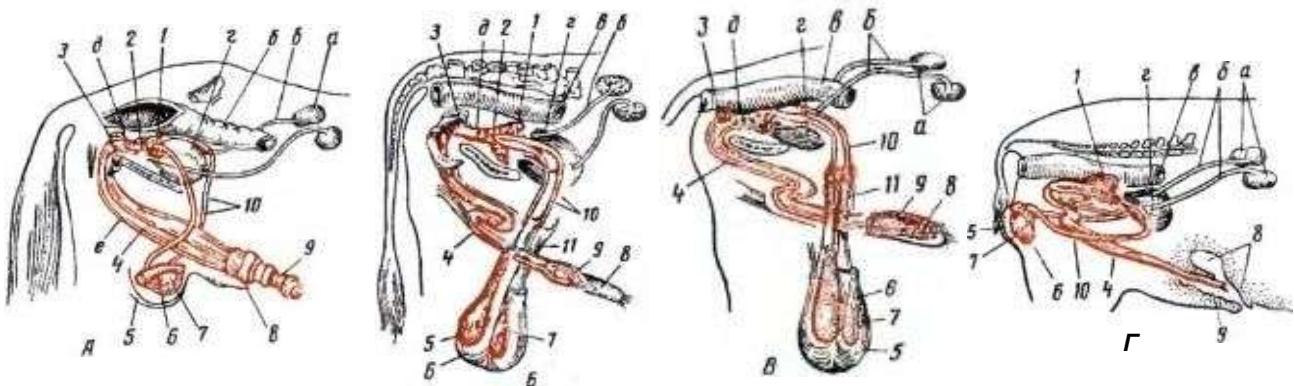


Рисунок 138 – Половые органы самцов:

А – жеребца, Б – быка, В – барана, Г – хряка; 1 – пузырьковидные железы; 2 – предстательная железа; 3 – луковичные (куперовы) железы; 4 – половой член; 5 – мошонка; 6 – придаток семенника; 7 – семенник; 8 – препуциальный мешок пениса; 9 – головка пениса; 10 – семяпровод; 11 – семенной канатик; а – почка; б – мочеточник; в – прямая кишка; г – мочевой пузырь; д – тазовая часть мочеполового канала; е – пенисная часть мочеполового канала

Семенники – это парные половые железы, в которых образуются половые клетки – *спермии (сперматозоиды)*. Семенники имеют яйцевидную форму и немного уплощены с боков. Перед рождением они опускаются через паховые кольца в мошонку. Если семенники задерживаются в брюшной полости, то самцы теряют плодовитость. Это явление называется *крипторхизмом*, а животных называют *крипторхами*.

Семенники покрыты собственной серозной оболочкой. Внутри они разделены перегородками на камеры, в которых находится паренхима семенника, состоящая из семенных канальцев и соединительной ткани с интерстициальными клетками. Извитые семенные канальцы семенника представляют собой трубочки микроскопиче-

ского размера, покрытые соединительнотканной оболочкой. Под ней находятся питающие клетки – клетки Сертоли и несколько рядов сперматогенного эпителия, из клеток которого образуются спермии. Внутри извитого канальца расположены формирующиеся спермии. Зрелые спермии в просвете канальца под влиянием слабощелочной реакции среды приобретают подвижность, поступают в прямые канальцы и попадают в придаток семенника. У половозрелого самца образование спермииев (сперматогенез) происходит непрерывно, но неравномерно.

Придаток семенника – делят на 3 части: *головку* – начало придатка, *тело* – расположено вдоль семенника и *хвост* – конечная часть придатка. Канал придатка представляет собой сильно извитую трубочку. Его длина колеблется от 50 до 85 мм. В головке просвет канала очень узкий (0,1–0,2 мм), затем он расширяется и в хвосте имеет диаметр 1–2 мм. Внутри канал выстлан цилиндрическим эпителием, выделяющим секрет слабокислой реакции.

Продвижение спермииев через канал придатка происходит за счет сокращения мускулатуры его стенок. При прохождении по каналу происходит дозревание спермииев, они приобретают электрический заряд, устойчивость к факторам среды, подвижность и способность к оплодотворению. В хвосте придатка спермии могут сохранять оплодотворяющую способность до 1–2 месяцев.

Образование спермииев в семенниках и их дозревание и хранение в придатках семенников у млекопитающих происходят при температуре на 3–4 °С ниже температуры тела. Это связано с тем, что семенники находятся вне брюшной полости, а функции регуляции температуры выполняются кожей и мускулатурой мошонки. В жаркую погоду мускулатура мошонки и семенного канатика расслабляется и семенники опускаются, а кожа через потовые железы испаряет много жидкости, за счет чего температура в семенниках понижается. В холодную погоду мускулатура семенника и мошонки сокращается, поверхность кожи сморщивается, семенники подтягиваются к брюшной стенке, кровеносные сосуды кожи мошонки сужаются и теплоотдача уменьшается. Нарушение терморегулирующей функции мошонки может привести к нарушениям плодовитости и даже к бесплодию.

Спермии из хвоста придатка семенника выделяются через семяпровод и мочеполовой канал.

Семяпроводы – являются продолжением канала придатка семенников. Они входят в состав семенных канатиков, которые проникают через паховые кольца в брюшную полость, проходят над мочевым пузырем, сближаются и впадают в тазовую часть мочеполового канала. Над мочевым пузырем, перед впадением в мочеполовой канал, семяпроводы утолщаются. Эти утолщения называются *ампулами семяпроводов*. В их стенках имеются железы, секрет которых смешивается со спермиями во время спаривания.

Придаточные половые железы – их протоки открываются в тазовую часть мочеполового канала. К ним относятся:

- **пузырковидные железы** – парные, выделяют клейкий секрет. У жеребца секрет тягучий, у быка, барана и хряка – жидкий;
- **предстательная железа** – вырабатывает жидкий секрет и хорошо выражена у жеребцов и хряков. У быков и баранов она развита слабо;
- **луковичные (куперовы) железы** – парные, в виде гроздей, выделяют клейкий секрет. Наибольшей величины достигают у хряка;
- **уретральные железы** – их секрет освобождает просвет мочеполового канала от остатков мочи.

• Секреты придаточных половых желез выполняют следующие функции:

- 1) промывание и подготовка мочеполового канала к прохождению спермы;
- 2) увеличение объема эякулята;
- 3) проталкивание спермиев к вершине рогов матки (у свиней);
- 4) активация движения спермиев.

5.1.3. Сперматогенез

Сперматогенез – образование спермиев (мужских половых клеток).

• Сперматогенез протекает в 4 фазы (рис. 139):

- 1) **фаза размножения** (у бычков начинается в 3 мес.) – первичные половые клетки *сперматогонии*, выстилающие стенки семенных канальцев, многократно делятся (в среднем 4–6 раз), после чего клетки вступают в стадию роста. Фаза длится 1–1,5 мес.;
- 2) **фаза роста** – происходит качественное изменение сперматогоний и они превращаются в более крупные клетки, называемые *сперматоцитами первого порядка*. Фаза длится 1 мес.;

3) **фаза созревания** – сперматоциты первого порядка делятся мейозом на 2 одинаковые по величине клетки с гаплоидным набором хромосом, называемые *сперматоцитами второго порядка*. Каждая клетка снова делится в процессе мейоза и образуются одинаковые *сперматиды*. Сперматида – круглая клетка, содержащая значительное количество цитоплазмы и имеющая гаплоидное число хромосом. Фаза длится 1 мес.;

4) **фаза формирования** – длится 3–4 мес. Сперматида приобретает обтекаемую форму и превращается в зрелый *сперматозоид*. Сперматида прикрепляется к клеткам Сертоли, которые обеспечивают ее питательными веществами, и происходит ряд преобразований. Сначала формируется головка спермия с ядром, затем шейка, тело и хвост. Акросомная оболочка спермия выделяет фермент гиалуронидазу, которая способна растворять оболочку яйцеклетки. После формирования спермий поступает в придатки семенника и дозревает.

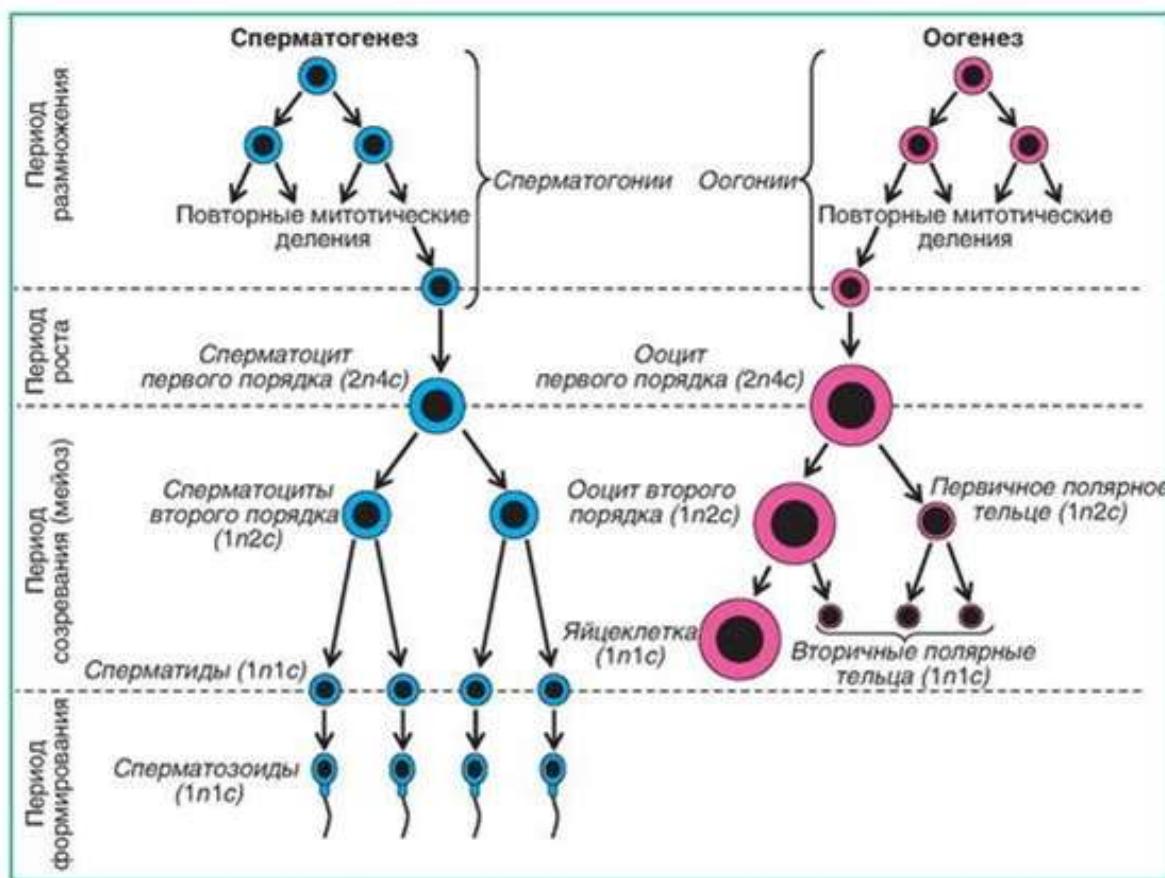


Рисунок 139 – Схема сперматогенеза и оогенеза у млекопитающих

Сперматогенез до наступления половой зрелости длится 6–8 мес., а после наступления половой зрелости – около 50 дней, из которых 6–8 дней приходится на дозревание спермиев в придатке семенника.

5.1.4. Половые рефлексы у самцов

Функция размножения у самцов представляет собой сложный комплекс рефлексов. Половое влечение возникает в результате восприятия анализаторами самца (слуховым, зрительным, обонятельным, тактильным) раздражений, исходящих от самки, а также под действием полового гормона тестостерона, который обуславливает половое влечение к самкам.

В проявлении половой функции участвуют различные отделы центральной и вегетативной нервной системы. Под действием раздражений, полученных от анализаторов и внутренней среды, кора головного мозга передает импульсы через подкорковые половые центры – промежуточный мозг (гипоталамус). От этих центров импульсы поступают в центры эрекции (подготовки полового члена к спариванию) и эякуляции (выделения спермы), которые расположены в спинном мозге на уровне нижних крестцовых и поясничных позвонков. Они связаны с гипоталамусом и корой головного мозга, а также с рецепторами, находящимися в органах размножения. Корковые, подкорковые и спинальные половые центры взаимосвязаны между собой. Следовательно, половой центр представляет собой функциональную систему, работающую как единый нервный механизм. Возбуждение передается не только от коркового и гипоталамического центров, но и в обратном направлении – от рецепторов органов размножения в эти высшие центры.

Половые рефлексы осуществляются при наличии условных рефлексов, которые образуются в течение индивидуальной жизни животного. Условные половые рефлексы вырабатываются очень быстро. Условными половыми раздражителями являются вид самки, вид случного манежа и др.

Половой рефлекс у самцов – это сложный рефлекс, состоящий из ряда взаимосвязанных реакций.

• В половом рефлексе различают следующие стадии:

- 1) **рефлекс приближения (рефлекс полового влечения);**
- 2) **обнимательный рефлекс;**
- 3) **эрекция** совокупительного органа (полового члена) – характеризуется усиленным притоком артериальной крови и наполнением ею пещеристых тел полового члена, в результате чего он увеличивается в размерах и делается упругим. При эрекции седалищно-

пещеристая и луковично-пещеристая мышцы сокращаются и прижимают корень полового члена к седалищным костям, чем задерживается отток крови из него;

- 4) **совоупление** – введение во влагалище самки полового члена и ряд движений, подготавливающих выбрасывание спермы. Процесс совокупления у *быков* и *баранов* происходит очень быстро, у *лошадей* и *свиней* он более длительный;
- 5) **эякуляция** – выделение продуктов половых желез (спермы и секретов) через мочеполовой канал. Возбуждение рецепторов полового члена передается по нервным волокнам в центр эякуляции. В ответ на раздражения под влиянием гормона окситоцина сокращаются мышцы придатков семенников, семяпроводов, придаточных половых желез и мочеполового канала. В результате сперма и секрет придаточных половых желез поступают в мочеполовой канал, из которого выбрасываются ритмическими сокращениями мускулатуры. Сперму, выделенную при одном спаривании, называют **эякулятом**. У *жеребцов* и *хряков* по сравнению с *баранами* и *быками* придаточные половые железы более развиты и их секреция во много раз больше.

- Во время эякуляции *жеребцы* и *хряки* выделяют сперму в 3 фазы:

1-я фаза – выделяется жидкий секрет мочеполового канала и луковичных желез;

2-я фаза – выделяется масса спермиев;

3-я фаза – выделяются секреты придаточных половых желез, способствующие продвижению спермиев через матку.

У *быков* и *баранов* сперма выбрасывается одним толчкообразным сокращением ампул семяпроводов, придаточных половых желез и мочеиспускательного канала.

Концентрация спермиев в хвосте придатка семенников составляет около 5 млрд в 1 мл.

В яйцеводы попадает небольшое количество спермиев (десятые доли процента от общего количества, введенного при искусственном осеменении или естественном спаривании). В яйцеводах спермии не накапливаются. Они могут присутствовать в большом числе только в шейке или рогах матки, где в течение некоторого времени сохраняются в жизнеспособном состоянии и затем поступают небольшими порциями в яйцеводы в период, близкий к овуляции. Спермии перемещаются через яйцеводы и если не встречают яйцеклетку, попадают в брюшную полость и рассасываются.

В половых органах коров и овец продолжительность жизни спермииев в среднем составляет 36–48 ч, свиней и кобыл – 24–48 ч.

5.1.5. Физико-химические свойства спермы

- Сперма состоит из 2 частей:

- 1) **спермии** – основная часть спермы, так как без них невозможно оплодотворение. Спермии содержат 25 % сухого вещества и 75 % воды. Из сухого вещества 85 % составляют белки, 13,2 % – липиды и 1,8 % – минеральные вещества. В спермиях имеется значительное количество фосфора (около 2,7 %), а также содержатся ферменты, принимающие участие в окислительных процессах;
- 2) **плазма** – представляет собой смесь секретов придаточных половых желез. Плазма быков и баранов содержит много белков (у быка – 5,8 %, у баранов – 10 %), в сперме хряка 3,8 % белков, а у жеребца лишь 1–2,5 %. В плазме быка и барана присутствуют липиды и фруктоза, а у хряков и жеребцов находятся лишь их следы. Из минеральных веществ имеются калий, натрий, хлор, фосфор и некоторые микроэлементы. В плазме есть также выделенные предстательной железой простагландин и вазогландин, вызывающие сокращение мускулатуры матки и кишечника, а также антиагглютинин, препятствующий склеиванию (агглютинации) спермииев.

Спермий (сперматозоид) состоит из головки, шейки, тела и хвоста (жгутика) (рис. 140). Длина спермииев сельскохозяйственных животных около 60–70 мкм. Головка спермия составляет примерно 1/9 его длины. В ней находится наследственная информация, а шейка, тело и хвост служат двигательным аппаратом спермия.



Рисунок 140 – Строение сперматозоида млекопитающих

- ✓ *Головка* спермия – представляет собой овальную пластинку, содержащую ядро. Передняя часть головки покрыта чехликом, под которым расположена *акросома*, вырабатывающая фермент *гиалуронидазу*, которая облегчает проникновение спермия в яйцеклетку.
- ✓ *Шейка* – короткая и тонкая, с помощью которой головка прикрепляется к телу. Она очень хрупкая и при оплодотворении ломается, поэтому в яйцеклетке остается только головка.
- ✓ *Тело* – вдвое больше по длине, чем головка.
- ✓ *Хвост* – составляет основную длину клетки. Он состоит из промежуточного, главного и концевого отделов. Внутри тела и хвоста проходит осевая нить из микротрубочек. Сверху спермий покрыт мембраной кроме кончика хвоста.

Нормальные спермии способны к движению в жидкой среде. Центром движения являются тело и шейка. Головка не может самостоятельно двигаться.

При движении спермия хвост его изгибаются в одну сторону, а затем выпрямляется. Движения хвоста происходят волнообразно и очень быстро. Головка при движениях хвоста вращается вокруг своей оси, а вместе с ней вращаются и остальные части спермия. В результате этого спермий движется поступательно и прямолинейно.

Все спермии имеют отрицательный электрический заряд, поэтому они отталкиваются друг от друга, не сталкиваются и не слипаются.

Жизнеспособность спермиев вне организма зависит от температуры и состава жидкости, в которой они находятся. Наиболее подвижны спермии при температуре, близкой к температуре тела животных ($37\text{--}39\text{ }^{\circ}\text{C}$). Более высокая температура убивает их. При понижении температуры движение спермиев замедляется, а при температуре около $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ они переходят в состояние анабиоза.

Спермии гибнут при нарушении осмотического давления в окружающей среде. В гипотонических растворах гибель спермиев наступает в результате их набухания, а в гипертонических растворах – в результате обезвоживания цитоплазмы.

Сперма *быка* и *барана* имеет нейтральную или слабокислую реакцию ($\text{pH } 6,7\text{--}7,0$), сперма *хряка* и *жеребца* – щелочную ($\text{pH } 7,2\text{--}7,6$). Изменение кислотно-щелочного равновесия нарушает движение спермиев и убивает их.

5.2. Физиология размножения самок

5.2.1. Органы размножения и их функции у самок

- К органам размножения самок относятся (рис. 141):

- 1) **яичники** – половые железы;
- 2) **яйцепроводы** – проводящие пути;
- 3) **матка** – место развития плода;
- 4) **влагалище** и **наружные половые органы** – совокупительные органы.

Яичники – парные органы овальной формы, в которых образуются и проходят все стадии роста половые клетки самки (яйцеклетки). Размеры яичников у коров и свиней 2–5 см, у овец – 0,8–2 см, у кобыл – 3–12 см.

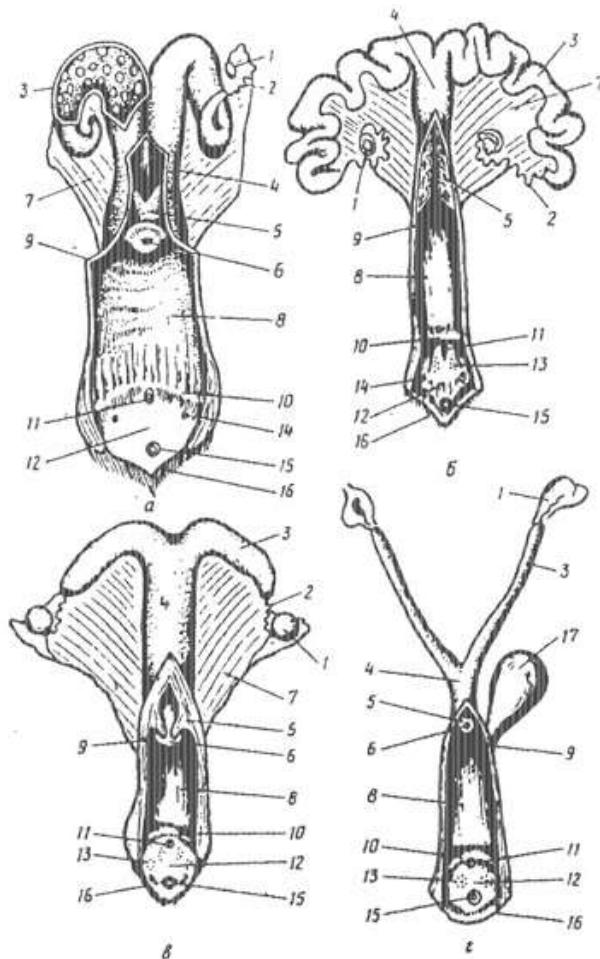


Рисунок 141 – Половые органы самок с дорсальной поверхности:

а – коровы, б – свиньи, в – лошади, г – собаки; 1 – яичник; 2 – яйцепровод; 3 – рог матки (у коровы вскрыт); 4 – тело матки; 5 – шейка матки; 6 – наружное отверстие матки; 7 – широкая связка матки; 8 – влагалище (вскрыто); 9 – свод влагалища; 10 – преддверно-влагалищная связка; 11 – наружное отверстие уретры; 12 – преддверие влагалища; 13 – малые преддверные железы; 14 – большие преддверные железы; 15 – клитор; 16 – половые губы; 17 – мочевой пузырь

Яйцеводы – тонкие, сильно извитые трубочки, по которым яйцеклетки поступают из яичников в матку. Длина яйцеводов у коров составляет 25–30 см, у овец – 10–15 см, у кобыл и свиней – 20–30 см. В самом начале яйцевод имеет воронкообразное расширение с барабаном. Затем яйцевод суживается и заканчивается очень узким просветом, переходящим в рог матки.

Матка – состоит из *рогов, тела и шейки*. У *свиней* рога матки имеют вид кишечных петель, очень длинные, достигают 150–200 см каждый. Тело матки развито слабо, шейка матки не имеет четких границ и ее отверстие переходит в просвет влагалища.

Влагалище – непарный трубкообразный орган длиной 10–28 см. Впереди оно сообщается с шейкой матки, сзади переходит в мочеполовое преддверие, которое является продолжением влагалища после впадения в него мочеиспускательного канала.

Наружные половые органы (вульва) – состоят из *половых губ, половой щели и клитора*. *Половые губы* – это складки кожи, между которыми располагается вход в мочеполовое преддверие – *половая щель*. *Клитор* является гомологом пещеристого тела полового члена.

5.2.2. Оогенез

Оогенез – образование и созревание яйцеклеток (женских половых клеток).

- Оогенез протекает в 3 стадии (*рис. 139*):
 - 1) **стадия размножения** – происходит во внутриутробный период жизни. *Первичные половые клетки* превращаются в *оогонии* и много раз делятся митозом, в результате чего происходит накопление половых клеток (до 100 тыс.). К концу плодного периода митоз оогониев затухает и они вступают в стадию роста;
 - 2) **стадия роста** – происходит в яичнике и характеризуется большой длительностью. Половая клетка на этой стадии называется *ооцитом I порядка*. Она окружается одним слоем фолликулярных клеток и образуется *фолликул*. Фолликул, стенки которого образованы одним слоем фолликулярных клеток, прилегающих к ооциту I порядка, называется *первичным фолликулом*. Рост ооцитов I порядка происходит в 2 периода:
 - 1) *период малого роста* – рост происходит медленно и продолжается с первых дней после рождения до полового созревания. В этот период идет синтез РНК, белков и появляются *вторичные*

фолликулы, которые имеют большие размеры и покрыты несколькими слоями фолликулярных клеток;

- 2) *период большого роста* – начинается с момента полового созревания. Ооциты I порядка увеличиваются в размерах. Между фолликулярными клетками появляется полость, в которой накапливается жидкость, содержащая половые гормоны (эстрогены). Такой фолликул называется *пузырчатым (граафов пузырек)*. Место, где в стенке фолликула расположен ооцит I порядка, называется *яйценосным бугорком*. Граафов пузырек имеет крупные размеры. В определенный момент полового цикла под влиянием гормонов происходит **овуляция** – разрыв стенки фолликула и выход половой клетки в яйцевод;
- 3) *стадия созревания* – начинается в яичнике и завершается в яйцеводе. В эту стадию половая клетка делится мейозом. В результате первого деления из одного ооцита I порядка образуются две неодинаковые клетки. Одна клетка крупная, содержит половину хромосом и называется *ооцит II порядка*. Вторая клетка мелкая, содержит половину хромосом и называется *первое редукционное (полярное) тельце*. Затем наступает второе деление, в результате которого снова образуются две неодинаковые клетки: зрелая *яйцеклетка*, содержащая гаплоидный набор хромосом, и *второе редукционное тельце*. Все редукционные тельца затем погибают.

У кобыл и коров созревает обычно только один фолликул. У овец созревает 1–2 фолликула, у многоплодных пород – 3–4. У свиней созревает в обоих яичниках 15–20 фолликулов. Созревшие фолликулы достигают величины 1 см.

5.2.3. Половые рефлексы у самок

- К половым рефлексам самок относятся *течка* и *половая охота*.

Течка (эструс) – комплекс сложных морфологических и функциональных изменений, происходящих в органах размножения самки, направленных на обеспечение продвижения, сохранения и оплодотворения гамет и последующего развития зародыша.

Под действием гормонов расширяются кровеносные сосуды слизистых оболочек половых путей, которые приобретают красную окраску и становятся отечными. Матка также временно увеличивается в объеме. Во время течки происходит попеременное сокращение и расслабление мышечных слоев рогов, тела и шейки матки.

Эстрогены стимулируют клетки слизистой матки и влагалища к секреции прозрачной жидкой слизи. У коров ярко выражено вытекание прозрачной слизи, а во вторую половину охоты слизь мутнеет и густеет.

У лошадей явления течки выражены слабее. Вытекание из шейки матки и влагалища жидкой прозрачной слизи отмечается только незадолго до овуляции и во время ее. В остальной период охоты наблюдается только расслабление мускулатуры шейки матки, покраснение влагалища и увлажнение слизистых половых путей.

У *свиней* признаками течки являются покраснение, припухание и отечность вульвы.

Течка обычно наступает раньше появления признаков охоты. У коров она начинается за 24–36 ч до начала охоты и длится 2–3 дня. У *свиней* признаки течки появляются за сутки до начала охоты.

Половая охота – состояние, характеризующееся повышением возбудимости нервной системы и мобилизацией организма на выполнение функции размножения под влиянием эстрогенных гормонов.

Коровы во время охоты беспокоятся, мычат, плохо едят, сбавляют удой, прыгают друг на друга. У *овец* признаки охоты выражены слабо. У *свиней* начало охоты выражается беспокойным поведением, постоянным обнюхиванием и прыганием на других самок. В разгар охоты появляется рефлекс неподвижности, проявляющийся в неподвижности свиньи, если ей на поясницу положить руку. У *кобыл* во время охоты понижается аппетит, они сильнее реагируют на различные внешние раздражители (шумы, звуки).

Состояние охоты сопровождается резким увеличением возбудимости мускулатуры матки. В результате этого изменяется форма матки, утолщаются и укорачиваются ее тело и рога. Сокращения мышц тела и рогов матки сопровождаются расслаблением мышц шейки матки и раскрытием ее канала. Это ведет к всасыванию спермиев из шейки матки и их перемещению к вершинам рогов и яйцеводам, в которых происходит оплодотворение.

Наиболее ярко половые рефлексы у самок проявляются в присутствии самца.

У коров половая охота продолжается 10–20 ч, у *свиней* – 24–48 ч, у *кобыл* – 5–7 дней.

Половые рефлексы лучше выражены утром и вечером и в прохладные весенние и летние дни, а в жаркое время дня признаки охоты слабее.

5.2.4. Понятие овуляции. Желтое тело

Овуляция – это сложная реакция на внутренние и внешние раздражители, характеризующаяся разрывом стенки фолликула и выходом яйцеклетки в яйцевод (*рис. 142*).

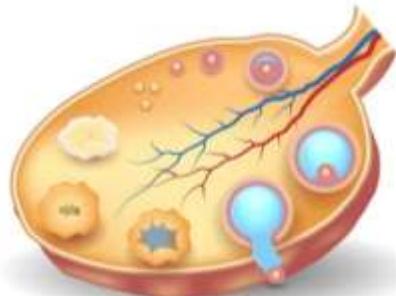


Рисунок 142 – Овуляция

Внутренним раздражителем является давление фолликулярной жидкости. Разрыв фолликула происходит под действием многих факторов, включая действие протеолитических ферментов в фолликулярной жидкости. Ткани в наиболее истонченном месте в стенке зрелого фолликула раздвигаются, происходит разрыв мелких капилляров и через образовавшееся отверстие в воронку яйцепровода выходит яйцеклетка.

В период овуляции усиливается приток крови к яйцепроводам, их мышечные волокна напрягаются. В результате воронка яйцепровода расширяется, что способствует попаданию яйцеклетки и фолликулярной жидкости в яйцепровод. Благодаря сокращениям мышечных волокон яйцепровода происходит всасывание в него жидкости фолликула вместе с яйцеклеткой. Затем яйцеклетка постепенно передвигается в сторону матки.

У *коров*, *овец*, *свиней* и *лошадей* овуляция осуществляется независимо от спаривания самки с самцом. У *кроликов* овуляция происходит только после спаривания.

Во время роста и созревания фолликулов, в период овуляции и после нее у самок перестраиваются функции организма, особенно органов размножения. Фолликулы яичника синтезируют половые гормоны – эстрогены, которые с током крови разносятся по организму и вызывают у самки *течку* и *половую охоту*.

У *коров* овуляция происходит через 7–15 ч после окончания охоты, у *овец* – через 31–32 ч от начала охоты, у *свиней* – через 25–40 ч от начала охоты, у *кобыл* – за 24–48 ч до окончания половой охоты.

После овуляции признаки половой охоты и течки исчезают, секреция слизистой шейки матки и влагалища прекращается. В шейке матки восстанавливается тонус мускулатуры.

После овуляции на месте лопнувшего фолликула образуется **желтое тело**, которое развивается из фолликулярных клеток, выстилающих стенки фолликула (рис. 143). Отростки из соединительнотканной оболочки образуют основу желтого тела, которое пронизано кровеносными сосудами. Фолликулярные клетки делятся, растут и превращаются в железистые клетки желтого тела – **лютеальные клетки**. Они содержат жироподобные вещества (липиды) и пигмент, окрашивающий желтое тело у *овец*, *свиней* и *коров* в желтый цвет, а у *лошадей* – в оранжевый, переходящий затем в коричнево-красный.

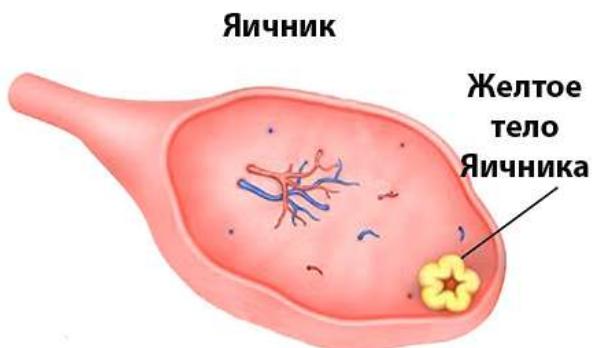


Рисунок 143 – Желтое тело яичника

У *овец* желтое тело образуется очень быстро. Полость лопнувшего фолликула заполняется кровяным сгустком в первые часы после овуляции. Через 10 ч кровяной сгусток рассасывается, через сутки полость фолликула заполняется клетками желтого тела. Затем желтое тело быстро увеличивается и достигает наибольшей величины через 8 дней после овуляции.

У *свиней* стенки лопнувших фолликулов сильно сокращаются и места разрывов быстро застают, поэтому кровоизлияний в полость фолликулов у них не бывает. У *свиней* и *коров* период формирования желтых тел составляет 7–8 дней.

У *лошади* полость желтого тела постепенно заполняется лютеальными клетками. Через 2 дня после овуляции желтое тело достигает 25–70 мм в диаметре, затем его размеры немного уменьшаются.

Желтое тело служит временной железой, выделяющей в кровь гормон *прогестерон*. Под его действием в слизистой матки происходят процессы, направленные на подготовку к приему и питанию эмбриона. Эпителий эндометрия набухает, маточные железы сильно разрастаются и начинают секретировать вещества, обеспечивающие питание зародыша на первых стадиях его развития до имплантации.

Под влиянием прогестерона в яичниках задерживается развитие новых фолликулов, охота и течка прекращаются и сменяются *половым покоем*. Если не произошло оплодотворения яйцеклетки, то желтое тело через несколько дней начинает рассасываться. Лютеальные клетки уменьшаются в объеме, кровеносные сосуды запустевают, полость бывшего фолликула заполняется соединительной тканью. В течение нескольких недель ткань желтого тела постепенно исчезает и на ее месте образуется соединительнотканый рубец. У коров и овец этот процесс начинается на 10–12-й день после овуляции, у *свиней* – на 15–16-й, у *лошади* – на 8–12-й день. При рассасывании желтых тел уменьшается или прекращается выработка гормона прогестерона. В яичниках начинают развиваться новые фолликулы и снова увеличивается образование эстрогенов.

Комплекс физиологических и морфологических процессов, протекающих в организме самки в период от начала одной течки и охоты до другой, называется *половым циклом*.

- По поведению самки половой цикл делится на 2 стадии:
 - 1) *течка и половая охота*;
 - 2) *половой покой*.

Продолжительность полового цикла у разных видов животных различна.

На половые функции самок влияют условия внешней среды. У большинства пород коров, овец и свиней охота повторяется в течение всего года, а у некоторых пород животных проявляется сезонность размножения.

Половой сезон приходится на различное время года. На начало полового сезона влияют интенсивность солнечного света, температура, влажность воздуха и другие факторы внешней среды.

При спаривании у *коров*, *овец* и *коз* сперма попадает во влагалище (*животные с влагалищным типом осеменения*), а у *кобыл* и *свиней* в матку (*животные с маточным типом осеменения*).

5.2.5. Нейрогуморальная регуляция половых функций

Главную роль в проявлении половых функций выполняет центральная нервная система, регулирующая секрецию гормонов. Центры этой регуляции расположены в *гипоталамусе*. Внешние раздражители поступают через анализаторы (зрительный, обонятельный, слуховой, вкусовой, осязательный), а внутренними раздражителями являются гормоны. Нервные импульсы преобразуются в гипоталамусе в гуморальные факторы, способствующие выделению гонадотропных гормонов в передней доле гипофиза (рис. 144). *Фолликулостимулирующий гормон* вызывает рост и развитие фолликулов. *Лютенизирующий гормон* стимулирует овуляцию и превращение их в желтые тела. Под действием этого гормона желтые тела усиливают выработку *прогестерона*.

Перед наступлением течки и охоты в кровь выделяется больше фолликулостимулирующего гормона. Когда фолликул созрел, эстрогены яичника действуют через гипоталамус на гипофиз и из него выделяется лютенизирующий гормон. Под действием этих гормонов наступает течка и половая охота.

Спаривание ведет к выделению из задней доли гипофиза *окситоцина*, который вызывает сокращение мышц матки и яйцеводов у самок, что способствует быстрому проникновению спермии в яйцевод, где и происходит оплодотворение яйцеклетки.

Во время течки и охоты под действием эстрогенов у самок повышается возбудимость гипоталамического полового центра. Большое значение имеют звуковые раздражители и запахи, выделяемые самками и самцами.

Возбужденный гипоталамус через ретикулярную формуацию индуцирует кору головного мозга, вызывая в ней *половую доминанту* (*фолликулярную фазу полового цикла*) – временный господствующий очаг возбуждения в центральной нервной системе. При этом функции организма мобилизуются на осуществление воспроизведения. У самок быстро образуются прочные условные половые рефлексы на обстановку, пробу на охоту самцом.

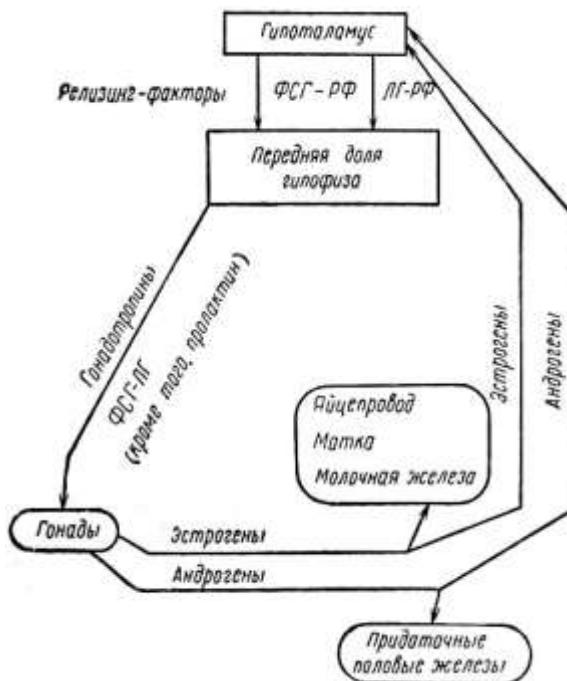


Рисунок 144 – Схема гормональной регуляции половых функций

После овуляции при образовании в яичнике желтого тела и усилении выработки прогестерона наступает *материнская доминанта (лютеальная фаза полового цикла)*. Прогестерон активирует нервные центры, связанные с материнством. У самки прекращаются течка и половая охота, она не подпускает самца для спаривания, в матке начинается подготовка к ношению и развитию плода.

На проявление охоты, течки и овуляции влияют температура, кормление и содержание. В зимнее время фолликулы развиваются медленно и охота более продолжительна, чем летом. Разнообразное кормление самок ведет к ускорению созревания фолликулов. Различные заболевания, плохое кормление, чрезмерная работа сопровождаются замедлением развития фолликулов.

5.2.6. Оплодотворение

Оплодотворение – проникновение спермии в цитоплазму яйца, слияние ядер спермия и яйца и образование зиготы – оплодотворенного яйца, способного расти и развиваться и дающего начало новому организму.

Яйца самок млекопитающих по сравнению с яйцами птиц очень малых размеров. Яйцо млекопитающих имеет шарообразную форму и называется *ооцитом первого порядка*; его диаметр 0,1–0,2 мм. Ооцит

состоит из цитоплазмы с включением желточных зерен и шаровидного ядра. Он покрыт тонкой желточной оболочкой, над которой находится прозрачная оболочка в виде ободка. Между этими оболочками имеется окологелточное пространство. Прозрачную оболочку облегает лучистый венец, состоящий из нескольких слоев мелких фолликулярных клеток (рис. 145).

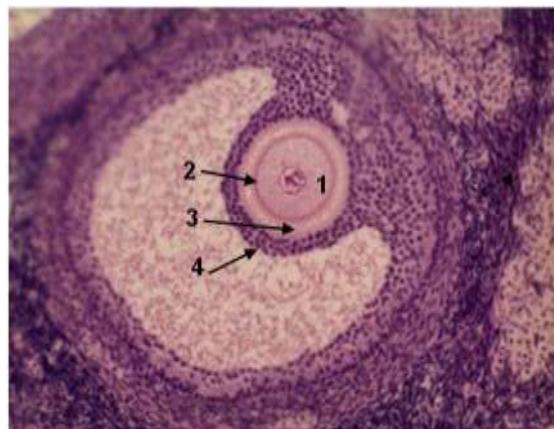


Рисунок 145 – Яйцеклетка млекопитающего (срез яичника кошки):

- 1 – яйцеклетка; 2 – прозрачная оболочка;
3 – лучистый венец; 4 – фолликулярные эпителиоциты

Ооциты первого порядка остаются на стадии профазы первого мейотического деления до наступления половой зрелости. При созревании фолликула прерванный процесс первого мейотического деления возобновляется, завершаясь примерно ко времени овуляции. В ядре происходит конъюгация (сближение) хромосом и затем расхождение гомологичных хромосом, а цитоплазма делится на две неравные части: образуется одна крупная клетка – *ооцит второго порядка*, и маленькая клетка – первое полярное тельце. При втором мейотическом делении ооцит снова делится на две неравные части, образуя крупную *оотиду* (зрелую яйцеклетку) и маленькое второе полярное тельце, причем обе эти клетки содержат гаплоидное число хромосом. Каждая особь получает половину хромосом и генов от матери, а другую половину – от отца.

Ооциты живут очень недолго. Если контакт со спермиями не произойдет в течение 6–10 ч после выхода их из фолликула, структура ооцитов меняется, цитоплазма сморщивается и они гибнут.

Вышедший из фолликула ооцит вместе с окружающими его фолликулярными клетками попадает в яйцепровод. Продвижение его происходит благодаря сокращению мускулатуры стенок яйцепровода.

Проникшие в яйцевод спермии окружают яйцо и внедряются в лучистый венец (рис. 146). Они выделяют фермент гиалуронидазу, который вызывает распад межклеточного вещества лучистого венца, и клетки его отпадают. Спермии проникают в прозрачную оболочку и околожелтое пространство, после чего происходит второе митотическое деление. После выделения второго полярного тельца один из спермиев, внедрившихся в околожелтое пространство, проникает сквозь желточную оболочку в цитоплазму яйца. Хвост у него отпадает, а головка быстро набухает, достигая размеров ядра. Затем головка спермия и ядро яйца сливаются и дают начало новому организму – *зиготе*. Зигота дробится на два бластомера (дочерние клетки), каждый из которых снова делится на два бластомера.

Оплодотворение происходит в ближайшей к яичнику трети яйцеводов. Образовавшаяся после оплодотворения зигота постепенно продвигается по направлению к матке. Она выходит в матку у *свиней* на 3–4-е сутки, у *коров* и *овец* на 4–5-е, у *лошадей* – на 5–7-е сутки после овуляции. Зигота достигает рогов матки, находясь в стадии морулы, и представляет собой скопление бластомеров. Затем происходит *имплантация* (прикрепление) зародыша в матке.

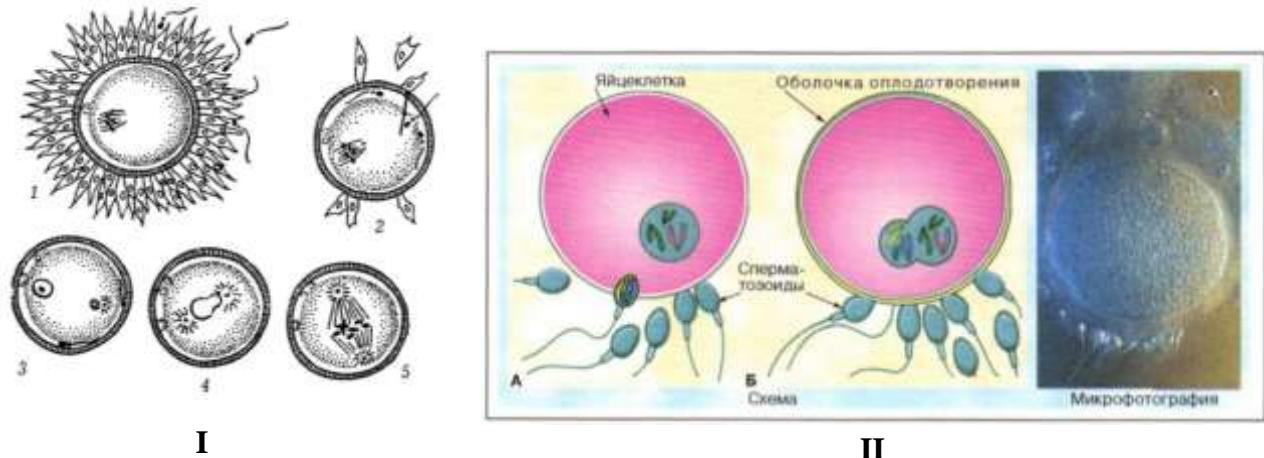


Рисунок 146 – Схема оплодотворения у животных:

- I: 1 – ооцит, окруженный фолликулярными клетками, к которым приближаются сперматозоиды; 2 – расхождение фолликулярных клеток под влиянием гиалуронидазы; 3 – проникновение одного из сперматозоидов в яйцеклетку; 4 – слияние пронуклеусов; 5 – начало митотического деления зиготы
- II: А – проникновение сперматозоида внутрь яйцеклетки; Б – образование оболочки оплодотворения и слияние гаплоидных наборов хромосом гамет

5.2.7. Беременность

Беременность – это период от оплодотворения до рождения плода. У кобыл это состояние называют *жеребостью*, у коров – *стельностью*, у овец – *сугнностью*, у свиней – *супоросностью*.

В зиготе млекопитающих, находящихся в стадии морулы, различают два слоя клеток: светлые и темные. Более светлые клетки образуют наружный слой, под ними располагаются темные клетки. Светлые клетки играют большую роль в питании зародыша, поэтому этот слой называют *трофобластом* (питательным слоем). Сам зародыш развивается из темных центральных клеток (эмбриобластов). Образующуюся полость в моруле называют *бластоцистой* – *зародышевым пузырьком*.

У сельскохозяйственных животных бластоциста в первые четыре дня пребывания в матке сохраняет прозрачную оболочку; питательная функция клеток трофобласта, прилегающего изнутри к прозрачной оболочке, проявляется уже в это время. Постепенно бластоциста увеличивается в размере, прозрачная оболочка истончается и разрывается. После этого начинает быстро расти плодное яйцо, в котором образуется желточный пузырь, наполненный прозрачной белковой жидкостью.

Одновременно с образованием желточного пузыря формируются зародыш и зародышевые (околоплодные) оболочки: водная – *амнион*, мочевая – *аллантоис* и сосудистая – *хорион* (рис. 147). Образование этих оболочек у лошадей и коров заканчивается через 2 месяца после оплодотворения яйца, у овец и свиней – через 1 месяц. Амнион образует околоплодный пузырь; аллантоис – пузырь, облегающий амнион; к наружной поверхности аллантоиса прилегает третья оболочка – хорион, вместе с аллантоисом формируя *аллантохорион*. В нем возникает кровеносная сеть – разветвления пупочных сосудов, по которым питательные вещества поступают к органам плода и удаляются продукты обмена.

Наружная оболочка – *хорион* у большинства млекопитающих вместе со слизистой оболочкой матки образует *плаценту*, или *детское место*. **Плацента** – это сложный орган, состоящий из измененной слизистой оболочки матки и хориона. При формировании плаценты поверхность хориона становится неровной и на ней образуются выступы – *ворсинки*, которые входят в соответствующие углубления слизистой матки – *крипты*. Эпителий слизистой матки выделяет питательную жидкость – *эмбриотроф*, или *маточное молоко*. Эмбриотроф состоит из секрета эпителия, смешанного с лимфой. В его

состав входят также остатки лейкоцитов, эритроцитов и продукты распада клеточных элементов.

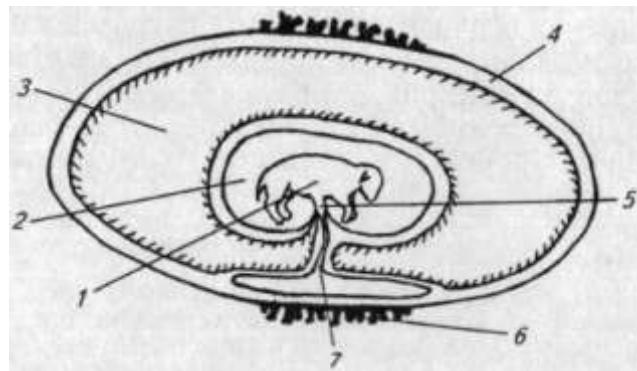


Рисунок 147 – Плодные оболочки собак:

1 – плод; 2 – амнион; 3 – аллантоис; 4 – хорион; 5 – пупочный канатик;
6 – ворсинки хориона; 7 – желточный пузырь

Плаценту, ворсинки которой лишь прикасаются к эпителию слизистой матки, называют **эмбриотрофной**, или **эпителioхориальной**. Такая плацента у *кобыл* и *свиней*; при родах ворсинки хориона вытягиваются из углублений слизистой матки, не разрушая ее (рис. 148).

У *жвачных* наружная поверхность хориона в большей части гладкая, и лишь в определенных местах расположены участки детской плаценты – *котиледоны*, где сгруппированы сильно ветвящиеся ворсинки. У плода крупного рогатого скота бывает 80–100 котиледонов. На слизистой матки *жвачных* соответственно котиледонам развиваются материнские части плаценты – *карункулы*, имеющие вид грибовидных образований с множеством углублений. В них слизистая матки утрачивает свой эпителий, ворсинки хориона проникают в соединительную ткань и более приближены к кровеносным сосудам матери. Такую плаценту называют **десмохориальной**. У *хищников*, кроме эпителия, исчезают соединительнотканые клетки и мышечная оболочка сосудов, так что эпителий хориона непосредственно прилегает к эндотелию кровеносных сосудов матки. Такую плаценту называют **эндотелиохориальной**. У *грызунов* и *приматов* ворсинки хориона разрушают также стенки сосудов матки и контактируют с материнской кровью. Такую плаценту называют **гемохориальной**.

• В эмбриональном развитии животного выделяют 3 периода:

- 1) *зародышевый период* – формируется бластоциста, образуется трофобласт, начинается закладка зародышевых листков, плодных оболочек;
- 2) *предплодный период* – переходный период от зародышевого к плодному, заканчивающийся в конце первой трети беременности.

В данный период происходит закладка всех органов;
 3) *плодный период* – от конца предплодного до рождения животного, в это время продолжают расти и развиваться все органы и плод формируется в особь, сходную с родительскими организмами.

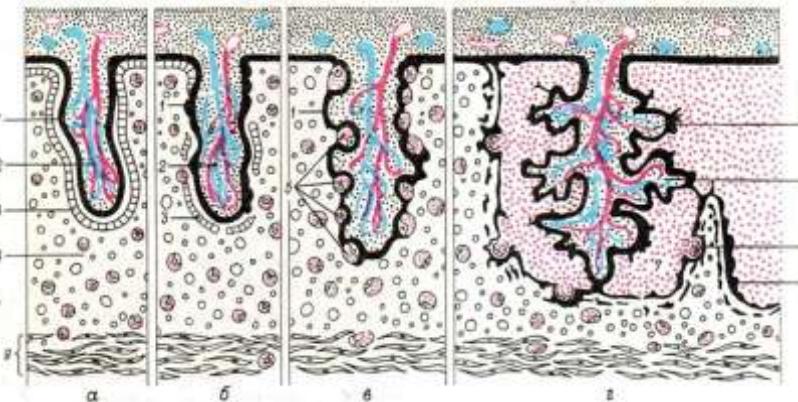


Рисунок 148 – Типы плацент:

а – эпителиохориальная, *б* – десмохориальная, *в* – эндотелиохориальная, *г* – гемохориальная; 1 – эпителий ворсинки хориона; 2 – сосуды в строме хориальных ворсинок; 3 – эпителий слизистой оболочки матки; 4 – соединительная ткань слизистой матки; 5, 6 – кровеносные сосуды и лакуны стенки матки; 7 – межворсиночное пространство с материнской кровью; 8 – перегородка плаценты; 9 – миометрий

На продолжительность беременности влияют в некоторой степени климатические факторы и условия питания (табл. 11). При плохом кормлении срок вынашивания плода удлиняется. Плоды мужского пола развиваются несколько дольше, чем женского.

Таблица 11 – Продолжительность беременности у различных видов животных

Вид животного	Средняя продолжительность в днях (месяцах)	Крайние сроки (дней)
Крыса и мышь	22	20–25
Кобыла	340 (11)	307–412
Коза	152 (5)	148–159
Корова	285 (9)	240–311
Кошка	58 (2)	55–60
Крольчиха	30 (1)	28–33
Морская свинка	65	60–70
Овца	150 (5)	146–157
Свинья	114 (4)	110–140
Собака	62 (2)	59–65

Питание плода. Пока оплодотворенное яйцо продвигается по яйцепроводу, в матке не происходит изменений. Но как только оно попадает в матку, ее слизистая оболочка начинает изменяться: кровеносные сосуды расширяются, лимфатические узлы увеличиваются, с поверхности эпителия исчезают реснички.

У лошади и свиньи эпителий хориона не вплотную соприкасается с эпителием слизистой матки, между ними остается пространство, заполненное эмбриотрофом. Плод в течение всей беременности питается эмбриотрофом.

У животных с более сложной плацентой питание зародыша вначале, до ее образования, эмбриотрофное, но по мере развития плаценты и тесного соединения хориона с тканями матки питательные вещества начинают поступать из крови матери.

Через ворсинки хориона эмбрион получает питательные вещества, кислород и освобождается от двуокиси углерода и ненужных продуктов обмена. Процесс питания плода через хорион состоит из ряда сложнейших биохимических реакций и ферментативных процессов. Переход различных веществ из крови матери в кровь плода осуществляется строго избирательно. Избирательная способность эпителия хориона пропускать одни вещества из крови матери в кровь плода и задерживать или подвергать биохимической обработке другие получила название *плацентарного барьера*.

Кровообращение плода. В эмбриональный период легкие не функционируют, поэтому кровообращение у эмбриона существенно отличается от кровообращения у взрослых животных; оно связано с плацентой и называется *плацентарным* (рис. 149).

От подвздошной артерии ответвляются две пупочные артерии, которые выходят из плода через пупочное отверстие, затем разветвляются в аллантохорионе и образуют густую сеть кровеносных сосудов и капилляров, входящих в ворсинки хориона. Мелкие кровеносные сосуды соединяются в пупочные вены, которые через пупочное отверстие входят в тело плода. По этим венам кровь, идущая от хориона, направляется к печени, оттуда в воротную вену и далее в правое предсердие. В перегородке между правым и левым предсердиями расположено овальное отверстие с клапаном. Легочная артерия, идущая от правого желудочка, соединена с аортой временно образующимся сосудом – боталловым протоком. Из правого предсердия часть крови попадает в левое, где смешивается с венозной кровью из легочной вены, остальная поступает в правый желудочек и из него через боталлов проток примешивается к крови аорты. Система крово-

снабжения плода замкнутая, и кровь матери нигде не попадает в кро-веносные сосуды плода и наоборот. Все органы и ткани тела эмбриона снабжаются смешанной кровью с небольшим содержанием кисло-рода и с повышенным содержанием двуокиси углерода.

Гемоглобин эритроцитов плода называют *утробным гемоглобином*. В отличие от гемоглобина крови взрослых животных утробный гемоглобин легче соединяется с кислородом. К концу утробного периода это свойство теряется.

С момента рождения у животного начинают функционировать легкие. Боталлов проток запустевает, и кровь из правого желудочка поступает в легочную артерию. Отверстие между правым и левым предсердиями зарастает, и кровь в левое предсердие поступает только из легочных вен. Пупочные вены и артерии запустевают, и из них образуются связки.

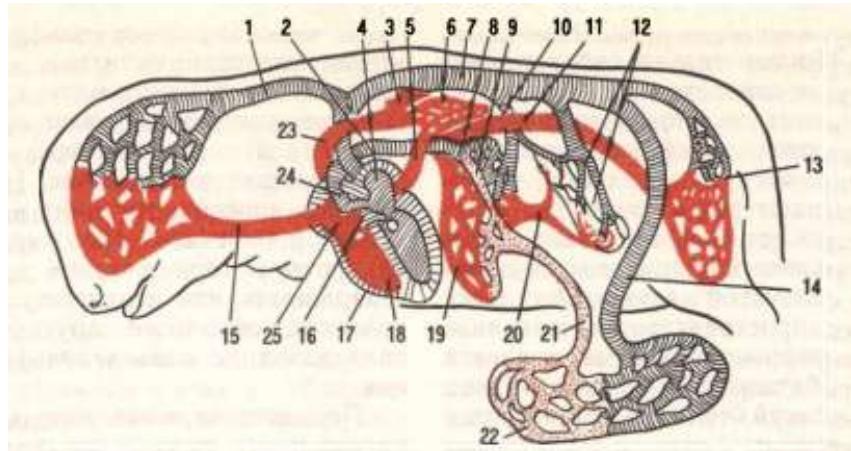


Рисунок 149 – Схема кровообращения у плода:

- 1 – плечеголовной ствол; 2 – каудальная полая вена; 3 – артериальный проток;
- 4 – левое предсердие; 5 – легочная вена; 6 – капилляры в легких; 7 – аорта;
- 8 – печеночная вена; 9 – венозный проток; 10 – чревная артерия;
- 11 – брыжеечная артерия; 12 – капиллярная сеть желудочно-кишечного тракта; 13 – капилляры тела; 14 – пупочная артерия; 15 – крациальная полая вена;
- 16 – овальное отверстие; 17 – правый желудочек; 18 – левый желудочек;
- 19 – капиллярная сеть в печени; 20 – воротная вена; 21 – пупочная вена;
- 22 – капиллярная сеть в плаценте; 23 – легочная артерия;
- 24 – межвенозный бугорок; 25 – правое предсердие

Обмен веществ у плода. Процессы ассимиляции у плода пре-обладают над процессами диссимилияции, что обеспечивает его быст-рый рост. Плоду не нужно тратить много энергии, так как внутренние органы его, за исключением сердца, почти не работают, потери тепла нет, а двигательные реакции его органов не требуют больших затрат энергии.

Кишечник у плода начинает функционировать лишь во второй половине эмбрионального развития. В нем выделяются ферменты и скапливается первородный кал (меконий), состоящий из желчи, эпидермиса и др. Почки плода выделяют зародышевую мочу.

Сокращения мускулатуры плода, движение его членов можно проследить, начиная с середины беременности. У плода также функционируют внутрисекреторные железы, т. е. вырабатываются некоторые гормоны: инсулин, гормон роста и др.

5.2.8. Роды и их регуляция

Рождение живого плода – сложный физиологический процесс. Организм самки готовится к этому акту, ткани, окружающие шейку матки, вагину и вульву, набухают. За 3–4 недели у коров и кобыл образуется отек вымени. Непосредственно перед родами в вымени начинается секреция молозива. Связочный аппарат родо-половых путей в последние дни расслабляется, по обе стороны хвоста формируются глубокие впадины. Расслабление связок наступает под влиянием гормона релаксина, продуцируемого желтым телом в конце беременности.

Желтое тело, а затем и плацента, вырабатывают гормон прогестерон, который понижает возбудимость мускулатуры матки, делает ее способной растягиваться под влиянием давления увеличивающегося плодного пузыря до очень больших размеров. Но к концу беременности продукция этого гормона значительно уменьшается, а яичник начинает активно вырабатывать эстрогенные гормоны, что способствует повышению чувствительности мускулатуры матки к ацетилхолину, служащему раздражителем гладкой мускулатуры. Под действием эстрогенов возрастает чувствительность и к окситоцину, усиливается синтез и выделение простагландинов в матке и плаценте, что вызывает сильные сокращения мускулатуры матки.

Таким образом, благодаря снятию блокирующего действия прогестерона и наличию возбуждающих веществ – ацетилхолина и окситоцина – матка готовится к родам. Для раздражения ее иннервируемых рецепторов необходимы импульсы, которые исходят от созревшего плода, начинающего усиленно двигаться. В ответ на это мускулатура матки ритмически сокращается – возникают родовые схватки. Схватки сопровождаются усилением потока импульсов с рецепторов матки в нервный центр, что вызывает еще большее его возбуждение. Это ведет к включению в процесс родов через соматические нервы мышц

брюшной стенки и спинных мышц – возникают потуги, увеличению выделения окситоцина, простагландинов и ацетилхолина. Подобные процессы происходят до конца родов и выведения последа.

- Процесс родов делят на 3 фазы:

- 1) **фаза раскрытия родовых путей** – начинаются родовые схватки, или *потуги*, длиющиеся несколько часов и приводящие к раскрытию шейки матки. Наполненные водами плодные оболочки оттесняются к заду и способствуют расширению вагины и вульвы. Плодные пузыри разрываются, плодные воды вытекают, отчего поверхность родовых путей становится гладкой и скользкой. У *коров* и *овец* подготовительная стадия родов составляет 4–6 ч, у *свиней* – 2–6 ч, у *кобыл* – до 12 ч, у *сук* – 3–10 ч;
- 2) **фаза выведения плода** – у *коров* продолжается от 20 мин до 1–2 ч, у *кобыл* – 5–20 мин, у *овец* – до 2 ч, у *свиней* – 4–5 ч и более, у *сук* – 1–6 ч;
- 3) **послеродовая фаза** – выходят плодные оболочки – *послед*. У *коров* отделение последа происходит через 8–10 ч, у *овец* и *кошек* – несколько ранее (через 1–2 ч), у *кобыл* – через 0,5–1 ч после рождения плода, у *свиней* послед отделяется после рождения каждого плода, у *сук* послед выделяется вместе с плодом.

Роды у животных происходят чаще ночью. В ночное время понижается тормозящее влияние коры больших полушарий на подкорковые центры, что благоприятствует процессу родов.

После родов происходит процесс инволюции (восстановления) половых органов, возвратные изменения состояния и деятельности половых и других органов самки. Продолжительность этого периода у *коров* около 15–27 дней, у *овец* – 18–20 дней, у *свиней* – 15–17 дней, у *кобыл* – 8–12 дней, у *сук* – 10–14 дней.

5.3. Физиология лактации

5.3.1. Определение лактации. Рост и развитие молочных желез

Лактация – это процесс образования, накопления и выведения молока из молочных желез.

Происхождение и синтез составных частей молока называется **лактопоэз**.

Молочная железа может секретировать и накапливать молоко только после прохождения определенных стадий роста и развития. Процесс роста и развития молочных желез называется **маммогенез**.

Молочные железы – симметричные кожные образования, состоящие из альвеол (железистой ткани), ходов и цистерн. Каждая железа имеет сосок, по которому молоко через сосковый канал выводится из организма. Правая и левая половины вымени отделены друг от друга эластичной перегородкой, выполняющей функцию связки, поддерживающей вымя. Под кожей имеется соединительнотканная капсула, от которой внутрь вымени отходят эластичные пластинки, разделяющие вымя на доли и четверти. В этих пластинах проходят кровеносные и лимфатические сосуды и нервы (рис. 150).

Каждая доля вымени состоит из огромного количества альвеол диаметром 0,1–0,8 мм (рис. 151). Изнутри альвеолы выстланы однослойным секреторным эпителием, а снаружи миоэпителиальным слоем, способным быстро сокращаться. Сокращение миоэпителия происходит под влиянием гормона окситоцина, поступающего к нему по кровеносным капиллярам. От каждой альвеолы отходит один проток, имеющий сфинктер. Альвеолы расположены вокруг молочных протоков, которые сливаются и образуют молочные ходы, открывающиеся в молочную цистерну.

Каждая четверть вымени имеет сосок, в который молоко поступает из цистерны через сосковый канал. В сосках коровы проходит по одному сосковому каналу, у кобыл и свиней – 2–3 сосковых канала, у сук – 6–12 каналов. У основания соска расположены сфинктеры,держивающие молоко в вымени. Вымя обильно снабжается кровеносными и лимфатическими сосудами и нервными волокнами, и чем более развиты артерии, тем выше молочная продуктивность.

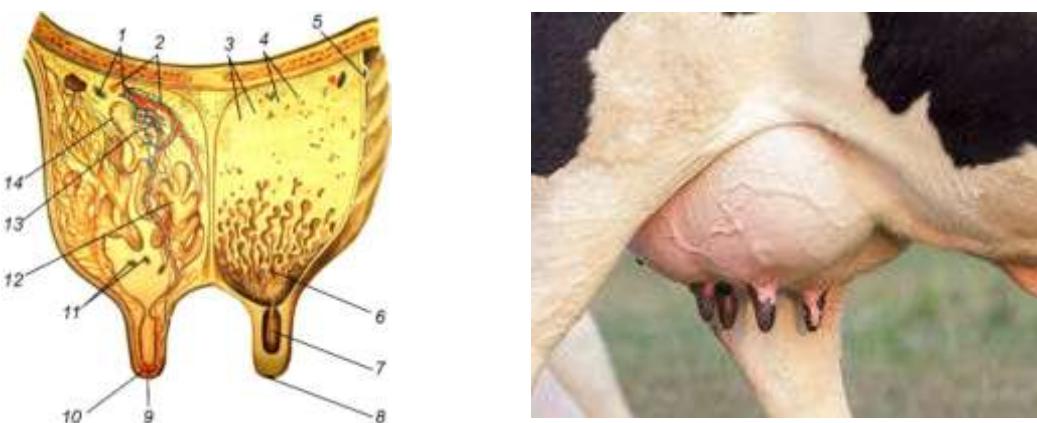
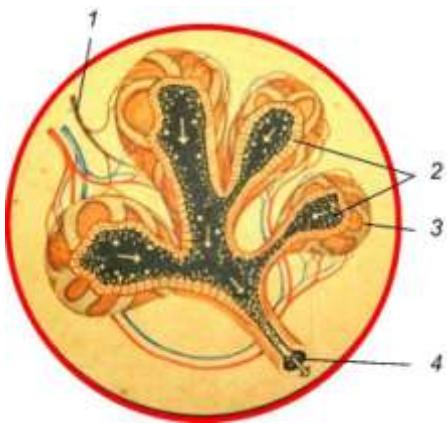


Рисунок 150 – Строение вымени:

- 1 – глубокие вены; 2 – глубокие артерии; 3 – соединительный остов (строма) вымени; 4 – железистые ткани вымени; 5 – поверхностные подкожные вены;
- 6 – молочная цистерна; 7 – сосковая цистерна; 8 – отверстие соскового канала; 9 – сосковый канал; 10 – сфинктер соска; 11 – молочные ходы;
- 12 – грозь альвеол



*Рисунок 151 – Схема строения альвеолы молочной железы:
1 – нервы; 2 – миоэпителий; 3 – секреторные клетки; 4 – проток для вывода
молока из альвеолы*

Маммогенез начинается в эмбриональном периоде, когда из эпидермиса мезодермы образуются молочные бугорки, из которых затем формируются доли вымени. Из мезодермы развиваются соединительная, жировая и эпителиальная ткани. К моменту рождения в молочной железе имеются соединительная ткань, которая формирует строму, и паренхима, или железистая ткань, из которой формируются альвеолы, молочные протоки и молочные ходы. В этот период большую часть вымени занимает строма, железистая ткань недоразвита. С наступлением половой зрелости это соотношение меняется. Во время первой беременности и лактации отмечается наиболее сильный рост и окончательное развитие вымени. В этот период преобладает паренхима. Наибольшей функциональной деятельности молочные железы достигают на 5–8-й неделе после отела. К концу лактации снова основную часть вымени составляют строма и жировая ткань. После окончания лактации наступает обратное развитие (инволюция) молочных желез. Такая цикличность в развитии молочной железы повторяется от одной беременности к другой.

Развитие молочных желез подчинено нервно-гуморальной регуляции. Большое влияние оказывают гормоны гипофиза (*гормон роста, адренокортикотропный гормон, фолликулостимулирующий и лютеотропный гормоны, пролактин*), половые гормоны (*прогестерон*), гормоны щитовидной железы (*тиroxсин*), надпочечников (*гонадотропные гормоны*), плаценты (*плацентарный фактор, стимулирующий развитие альвеол*). Влияние оказывает и тип кормления (наличие в корме фолиевой кислоты).

5.3.2. Состав молока и молозива

Молоко имеет сложный химический состав (*табл. 12*). В нем содержится более 100 различных веществ: более 30 жирных кислот, 20 аминокислот, до 40 различных минеральных веществ, 16 витаминов, много ферментов (пероксидаза, липаза, фосфатаза, лактаза), гормонов.

Коровье молоко содержит 85 % воды и 15 % сухого вещества. В состав сухого вещества входят 3,6–6 % жира, 4–5 % молочного сахара (лактоза), 2–5 % белков, 0,6–0,8 % минеральных веществ, 0,1–0,2 % лимонной кислоты, 0,05–0,2 % небелковых азотсодержащих веществ (мочевина, мочевая кислота, туриновые основания, креатин).

Белки молока содержат все необходимые аминокислоты. К ним относятся:

- **казеин** – на его долю приходится более 80 % всех белков молока и в молоке его содержится 2–4 %. Казеин содержит фосфор, необходимый для роста костного скелета и центральной нервной системы. Он соединен с солями кальция, образуя с ними казеинокальцевый комплекс;
- **α -лактоальбумин** – серосодержащий белок; в молоке его мало (0,5 %), но много в молозиве (10–12 %). Он имеет большое значение для питания новорожденных в молозивном периоде;
- **β -лактоглобулин** – выполняет защитные функции в организме; в молоке его мало (0,1–0,2 %), но много в молозиве (8–15 %);
- **лактоферрин** – железосодержащий белок, принимает участие в создании неспецифического гуморального иммунитета и является белком острой фазы воспаления. Он оказывает бактерицидное и противовирусное действие. В молозиве его содержится больше, чем в молоке.

Липиды молока представляют собой смесь глицерина и жирных кислот. Преобладают низкомолекулярные жирные кислоты (масляная, капроновая и др.). Жир в молоке находится в виде мельчайших шариков (диаметром 3–4 мкм).

Углеводы молока представлены лактозой, состоящей из галактозы и глюкозы. Лактоза легко усваивается растущим организмом, поэтому она имеет важное значение для питания приплода.

Таблица 12 – Состав молока

Органические компоненты							
Млекопитающие	Показатели, %						
	Сухое вещество	Белок	Казеин	Альбумин	Жир	Лактоза	Зола
Корова	12,5	3,2	2,6	0,6	3,8	4,8	0,7
Коза	13,3	3,5	2,9	0,6	4,0	4,9	0,9
Овца	18,1	5,7	4,5	1,2	6,7	4,8	0,9
Оленуха	34,4	10,4	8,8	1,6	19,1	3,3	1,6
Кобыла	10,4	2,0	1,3	0,7	1,7	6,4	0,3
Антилопа канна	22,8	7,2	6,0	1,2	10,6	3,9	1,1
Женщина	11,9	1,0	0,4	0,6	3,9	6,8	0,2
Лосиха	28,7	9,27	4,07	0,87	7,78	6,62	1,68
Неорганические компоненты							
Млекопитающие	Показатели						
	В %			В мг/кг			
	Кальций	Калий	Фосфор	Железо	Медь	Марганец	
Корова	0,120	0,146	0,092	0,67	0,12	0,06	
Коза	0,143	0,145	0,089	1,00	0,20	0,17	
Овца	0,178	0,198	0,158	0,92	0,13	0,11	
Кобыла	0,089	0,064	0,054	0,68	0,22	0,03	
Женщина	0,033	0,050	0,015	1,50	0,45	0,04	
Лосиха	0,404	0,186	0,415	11,185	0,515	0,997	

Молозиво – это молоко, которое выделяется в течение 7–10 дней после отела.

Молозиво отличается от молока тем, что в нем больше белков (до 15 %), особенно иммуноглобулинов, больше минеральных веществ (2–3 %), особенно кальция и фосфора, больше жира и немного меньше, чем в молоке, лактозы, присутствуют лейкоциты (молозивные тельца), выполняющие функцию фагоцитоза, иммунные тела, витамины, лизоцим (выполняет защитную функцию, разрушая микробов, попадающих в желудочно-кишечный тракт). В молозиве содержится ингибитор трипсина (в течение первых 4–5 дней после отела), который предохраняет антитела молозива от переваривания протеолитическими ферментами в пищеварительном тракте новорожденных животных.

Молозиво имеет желтовато-белый цвет, солоноватый вкус и специфический запах. Оно обладает послабляющим действием (очищает кишечник новорожденных от первородного кала) за счет наличия солей магния. К 7–12-му дню химический состав молозива становится, как у молока.

5.3.3. Синтез молока

Молоко образуется в вымени непрерывно не только в перерывах между дойками, но и в процессе доения. Сущность процесса молокообразования заключается в поглощении из крови клетками железистого эпителия предшественников молока (аминокислот, липидов и др.), а затем в их синтезе и выделении из клетки в полость альвеолы в виде секрета.

В процессе синтеза молока участвуют нервная, кровеносная, эндокринная и пищеварительная системы. Молоко образуется в эпителиальных клетках альвеол и молочных протоков из составных частей крови при участии ферментов и гормонов.

В эпителиальных клетках синтезируются молочный жир, лактоза, белки, а витамины, минеральные вещества, иммуноглобулины переходят из крови в молоко без изменений.

Казеин молока синтезируется из свободных аминокислот крови. Синтез *альбуминов* и *глобулинов* молока осуществляется за счет свободных аминокислот, полипептидов и белков плазмы крови.

Источником *лактозы* является глюкоза крови. Глюкоза соединяется с галактозой и образует в эпителиальных клетках лактозу.

Источником *жира* молока служат глицерин и жирные кислоты плазмы крови. У жвачных животных источником молочного жира служит также уксусная кислота, которая образуется в рубце в результате уксуснокислого брожения.

По мере образования молоко из железистого эпителия выделяется в полость альвеол, накапливается в них и затем в процессе доения поступает в протоки и молочную цистерну. В процессе секреции молока часть его основных элементов подвергается ферментативному расщеплению и всасывается обратно в кровь, т. е. происходит реабсорбция, что стимулирует секрецию.

• В образовании молока различают 4 типа секреции (*рис. 152*):

- 1) *мерокриновый тип* – при этом типе секреции эпителиальная клетка, получая с кровью необходимые вещества, синтезирует молоко, которое затем постепенно просачивается через мембрану. Клетка при этом остается неповрежденной. Мерокриновый тип отмечают в разгаре лактации;
- 2) *апокриновый тип* – при этом типе секреции верхушечный участок клетки превращается в секрет, в результате чего в секрете присутствуют фрагменты цитоплазмы. При этом сама клетка сохраняет

ядро и органоиды и продолжает свою секреторную деятельность. Апокриновый тип отмечают в молозивный период;

- 3) **леммокриновый тип** – при этом типе секреции вместе с секретом удаляются частицы плазматической мембраны. Этот тип сходен с апокриновым;
- 4) **голокриновый тип** – при этом типе секреции происходит преобразование всей клетки в секрет молока. Голокриновый тип отмечают в конце лактации, т. е. в стадии инволюции (обратного развития) молочной железы, когда наступает состояние функционального покоя.

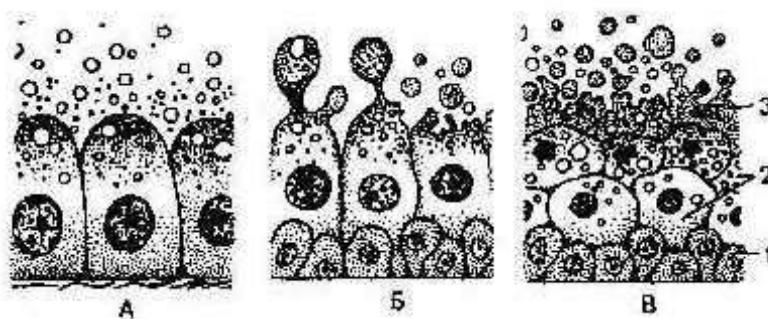


Рисунок 152 – Типы секреции желез:

А – по мерокриновому типу; Б – по апокриновому типу; В – по голокриновому типу

5.3.4. Регуляция молокообразования и молокоотдачи

Регуляция молокообразования происходит при участии *коры больших полушарий, продолговатого, среднего, промежуточного и спинного мозга*, которые вместе образуют единую морфофункциональную структуру, называемую *лактационный центр*. Каждый из отделов центра лактации выполняет свою функцию. В *коре больших полушарий* происходит анализ и синтез всех поступающих раздражений, в *спинном мозге* происходит регуляция двигательной функции молочной железы, в *продолговатом мозге* регулируется ее кровоснабжение. В *гипоталамусе* выделяются нейросекреты (*либерины*), которые стимулируют выработку гормонов гипофиза, влияющих на молокообразование.

В молочной железе расположено множество рецепторов (механо-, термо-, хемо-, барорецепторов), раздражение которых передается по афферентным нервам в спинной мозг и гипоталамус. В гипоталамусе образуется **окситоцин**, который действует на миоэпителиальные клетки вымени, возбуждает деятельность аденоhipофиза и увеличивает образование молока (рис. 153).

В регуляции секреции молока принимает участие 4 гормона adenогипофиза:

- 1) **пролактин** – стимулирует синтез составных частей молока (лактозы, казеина, жирных кислот);
- 2) **адренокортикотропный гормон** – обеспечивает образование предшественников молока и их транспорт к молочной железе; активирует ферменты, участвующие в метаболизме глюкозы, синтезе белка и жира;
- 3) **гормон роста** – влияет на белковый, жировой и углеводный обмен, что приводит к усиленному образованию предшественников молока, увеличению удоев и жирности молока;
- 4) **тиреотропный гормон** – стимулирует секрецию молока, увеличивает содержание молочного жира и повышает молочную продуктивность.

Лактацию усиливают также **тиреоидные гормоны** щитовидной железы, которые влияют и на жирность молока. Гормон надпочечников **адреналин** влияет на образование жира и белка в молоке, а также сокращает мышечные волокна стенок цистерн и протоков. Гормон желтого тела **прогестерон** тормозит лактацию, так как он подавляет образование пролактина, без которого молоко не продуцируется.

Регуляция молокоотдачи. Выведение молока из молочной железы – это сложнорефлекторный процесс, который зависит как от условных, так и от безусловных раздражителей. Этот рефлекс осуществляется в результате взаимодействия нервной, эндокринной и сосудистой систем.

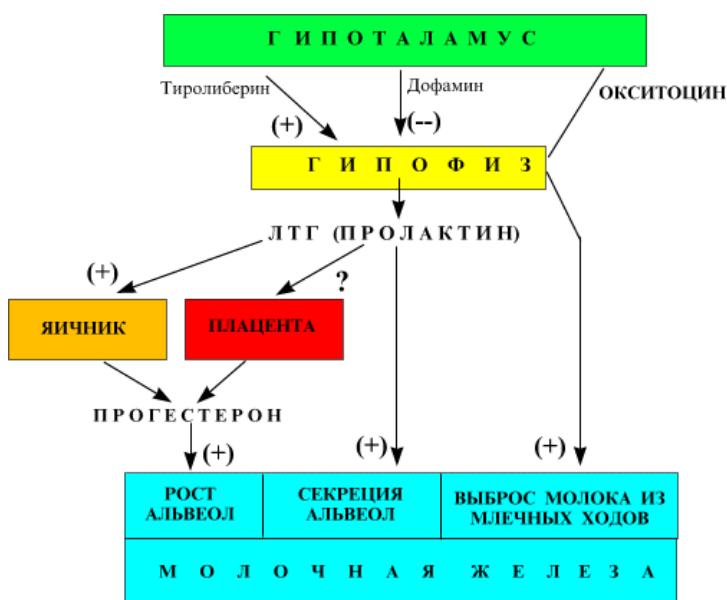


Рисунок 153 – Схема гормональной регуляции функции молочной железы

- В процессе молокоотдачи выделяют 2 фазы:

- 1) **рефлекторная фаза** – характеризуется выделением молока из крупных протоков и цистерн в результате раздражения рецепторов молочной железы и передачи импульсов в центры и обратно в молочную железу. Большое значение в эту фазу имеют условные раздражители, к которым относятся появление доярок, шум доильных установок, массаж вымени. Импульсы от первых двух факторов воспринимаются анализаторами, поступают в кору больших полушарий, в подкорковые зоны и гипофиз. Раздражение рецепторов сосков вымени поступает по афферентным нервам в пояснично-крестцовый отдел спинного мозга, в подкорковые зоны и в гипофиз. Безусловным раздражителем является заполнение емкостной системы вымени молоком. В результате происходит снижение тонуса гладкой мускулатуры вымени и повышение внутривыменного давления. Накопившееся молоко вызывает раздражение рецепторов молочной железы, и импульсы по чувствительным нервам (наружный семенной, подвздошно-паховый) передаются в центральную нервную систему (рис. 154). В ответ на импульсы происходит повышение тонуса гладкой мускулатуры протоков и расслабление сфинктеров, которые находятся в месте впадения молочных протоков в молочные ходы (рис. 155). В результате этого сфинктеры открываются и выделяется цистернальная порция молока. Рефлекторная фаза длится 40–60 с;
- 2) **нейрогуморальная фаза** – характеризуется поступлением *окситоцина* в кровь, а затем в молочную железу и выведением альвеолярной порции молока из альвеол и мелких протоков в результате сокращения миоэпителия. В механизме молокоотдачи участвуют также *вазопрессин* и медиатор *ацетилхолин*, которые вызывают сокращение миоэпителия. При поступлении в молочную железу окситоцин начинает оказывать свое действие через 30–40 с, что приводит к сжатию альвеол, сокращению мышц сфинктеров молочной железы и открытию молочных ходов. Активность окситоцина проявляется в течение 7–8 мин, поэтому время дойки не должно превышать этот период времени.

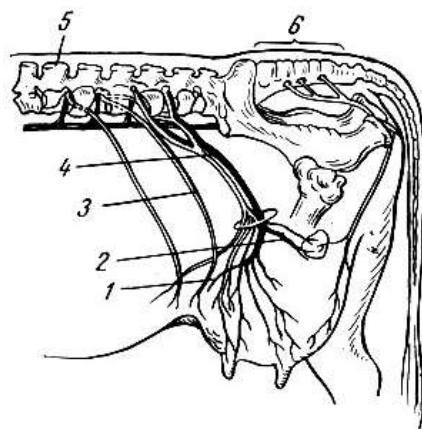


Рисунок 154 – Схема иннервации вымени коров:
 1 – передний паховой нерв; 2 – задний паховой нерв; 3 – подвздошно-паховой нерв;
 4 – наружный семенной нерв; 5 – первый поясничный позвонок;
 6 – крестцовые позвонки

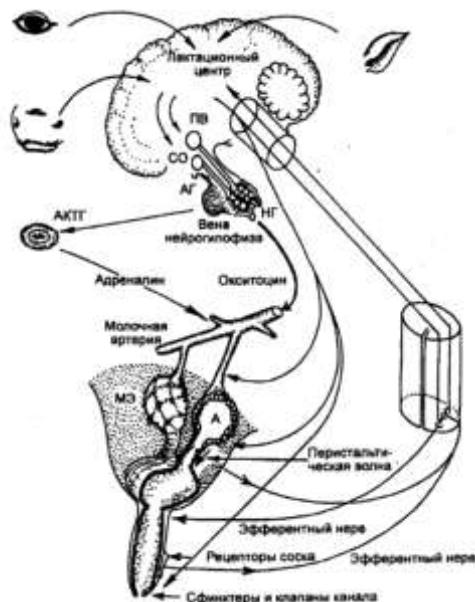


Рисунок 155 – Схема нейрогуморальной регуляции рефлекса молокоотдачи у коров:

СО, ПН – супраоптическое и паравентрикулярное нейросекреторные ядра гипоталамуса; АГ – аденоhipофиз; НГ – нейрогипофиз; МЭ – миоэпителий альвеол; А – альвеола; АКТГ – аденокортикотропный гормон

5.3.5. Физиологические основы машинного доения

При организации машинного доения следует учитывать величину и форму вымени, сосков, состояние сфинктеров, продолжительность выделения окситоцина, скорость молокоотдачи (т. е. количество молока, которое выделяется из вымени за 1 мин). Коров приучают к машинному доению постепенно. Массаж вымени вызывает рефлекторное снижение тонуса цистерн и протоков и лучшее опорожнение

вымени, улучшает его кровоснабжение. Рефлекс молокоотдачи у коров длится в среднем 5–7 мин (в течение периода действия окситоцина). При выборе кратности доения нужно учитывать стадию лактации, показатели молочной продуктивности, емкость вымени и скорость молокоотдачи. Слишком часто и редко доить коров не рекомендуется. Малопродуктивных коров доят 2 раза в сутки, высокопродуктивных – 3 раза. В практике молочных комплексов применяют двукратное доение, так как оно позволяет снизить затраты труда.

- При доении необходимо выполнять следующие условия (рис. 156, 157):

- постоянный обслуживающий персонал (спецодежда, обработка рук);
- отсутствие шума, устранение посторонних раздражителей;
- правильная подготовка коров и правильная техника доения (подмывание вымени, его вытирание, массаж);
- приступать к доению тогда, когда вымя станет упругим, напряженным;
- доильные стаканы необходимо надевать на соски теплыми, делать это быстро;
- не передерживать доильные стаканы на выдоенном вымени;
- к машинному доению допускать только здоровых коров, учитывать их индивидуальные особенности, тип высшей нервной деятельности и поведение.



Рисунок 156 – Приемы машинного доения коров:

1 – подмывание вымени; 2 – вытиранье; 3 – массаж; 4 – выдаивание первых струек молока; 5 – подключение доильного аппарата; 6 – доение; 7 – массаж вымени при додое; 8 – массаж задних долей вымени; 9 – массаж передних долей вымени; 10, 11 приемы отключения и снятия доильного аппарата; 12 – удаление капель молока с кончиков сосков

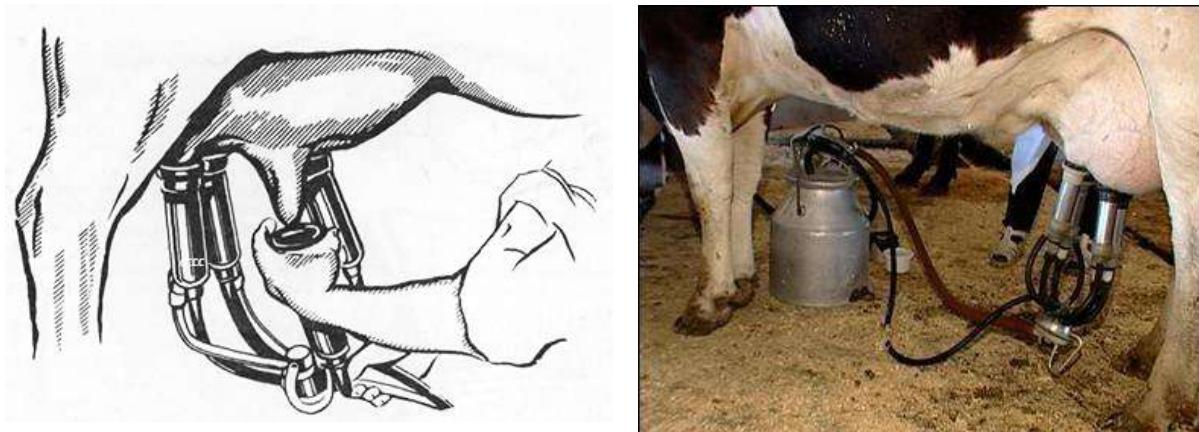


Рисунок 157 – Правильное надевание доильного стакана на сосок

Лабораторное занятие 9. Физиология лактации

Цель занятия: приобрести практические навыки по оценке пригодности вымени коров к машинному доению с учетом морфологических признаков и физиологических свойств. Ознакомиться с методикой получения разных фракций молока разового удоя. Рассмотреть молочный жир под микроскопом и произвести подсчет жировых шариков.

9.1. Оценка вымени для машинного доения

Длительность лактационного периода, т. е. промежутка времени, в течение которого животное выделяет молоко, у разных видов животных различная: у *коров* – в среднем 10 месяцев и 5 дней, у *овец* – 4–5 месяцев, у *кобыл* – около 9 месяцев, у *свиньи* – 2 месяца.

Для оценки вымени для машинного доения учитывают морфологические признаки и физиологические свойства вымени. Оценку морфологических признаков вымени проводят за 1–1,5 ч до доения у коров первого и третьего отелов с нормально функционирующими четвертями на 2–3-м месяце лактации.

Проводят *визуальную оценку, прощупывание вымени* и снимают *промеры вымени*.

1. Визуальная оценка. Путем осмотра оценивают следующие показатели:

➤ *форма вымени* – определяется его внешним видом и отношением промеров длины, глубины и ширины. Различают следующие основные формы вымени (*рис. 158*):

- *ваннообразное* – характеризуется большим распределением по брюху вперед. Вымя удлиненное, широкое и достаточно глубокое, его длина превышает ширину на 15 % и более;
- *чашеобразное* – характеризуется большой площадью прикрепления, уступая по этому показателю только ваннообразному вымени. Такое вымя довольно глубокое, несколько округлое, его длина превышает ширину на 10–15 %;
- *округлое* – имеет небольшую площадь прикрепления, шаровидную форму;
- *«козье»* – характеризуется недоразвитыми передними и сильно гипертрофированными и отвисшими задними долями, резко ограниченными боковой бороздой.

Для машинного доения наиболее желательны ваннообразная и чашеобразная форма молочной железы.

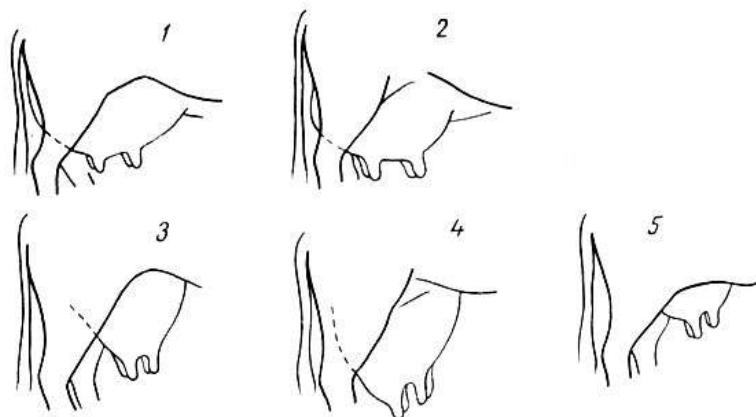


Рисунок 158 – Форма вымени:

1 – ваннообразное; 2 – чашевидное; 3 – округлое суженное (воронковидное);
4 – «козье»; 5 – примитивное

➤ *форма, расположение и направление сосков (рис. 159, 160):*

- по форме соски бывают: цилиндрические, конические, бутыльчатые, грушевидные, карандашевидные (тонкие, длинные) и воронкообразные (толстые, конические). Наиболее желательной формой сосков являются цилиндрическая или слабо коническая.
- расположение сосков может быть: широкое, почти квадратное; широкое – передних и сближенное – задних; сближенное боковых при нормальном расстоянии сосков правой и левой стороны; сближенное расположение всех сосков;
- направление сосков желательно вертикально вниз, так как при надевании стаканов на растопыренные в стороны или направленные вперед соски они перегибаются и затрудняют доение;

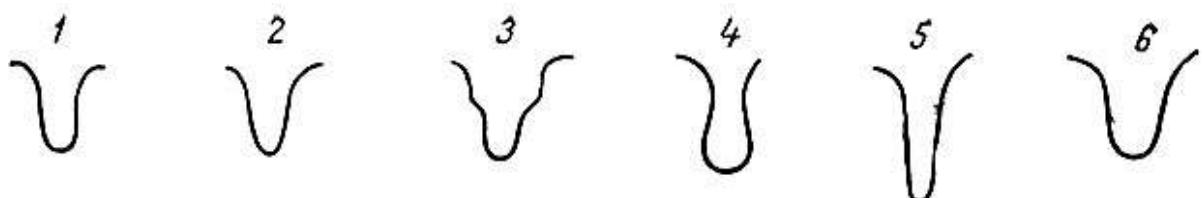


Рисунок 159 – Форма сосков:

1 – цилиндрическая; 2 – коническая; 3 – бутыльчатая; 4 – грушевидная;
5 – карандашевидная; 6 – воронкообразная

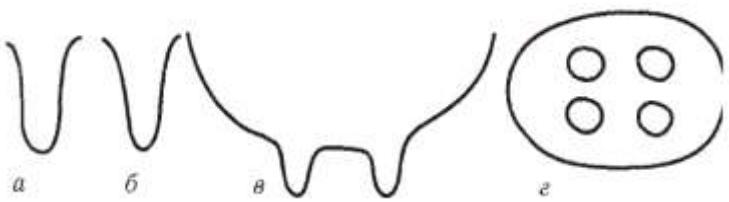


Рисунок 160 – Желательные формы, направление и расположение сосков:
а – цилиндрическая; б – коническая; в – направление – вертикально вниз;
г – расположение – широкое, квадратное

- *дно, или нижний край вымени (рис. 161).* Дно вымени бывает: горизонтальное, несколько наклонное (угол до 10–15°); с ломаной линией или ступенчатыми четвертями (разноэтажное); сильно наклонное (угол к горизонтальной линии более 15°); нормальное. Наиболее желательным является горизонтальное и нормальное дно вымени;

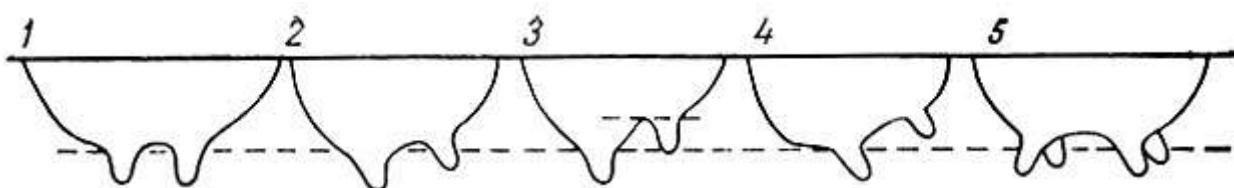


Рисунок 161 – Дно вымени и направление сосков:
1 – дно горизонтальное; 2 – несколько наклонное; 3 – ломаное;
4 – сильно наклонное; 5 – соски растопыренные

- *степень развития молочных вен, кожного и волосяного покрова вымени, выраженность кровеносных сосудов.*

2. Метод прощупывания. Проводится сразу после доения. Методом прощупывания определяют железистость вымени. Различают *железистое, среднее и мясистое, или жировое, вымя.*

- *железистое вымя* – имеет мелкозернистую структуру, после выдавливания становится мягким, губчатым и сильно спадает, образуя сзади мелкие складки кожи. В структуре вымени более 60 % железистой ткани. Стенки сосков такого вымени обычно тонкие, эластичные;
- *среднее вымя* – имеет крупнозернистую структуру, после выдавливания спадает средне, образуя сзади 2–3 крупные складки кожи. В структуре вымени около 40 % железистой ткани;
- *мясистое, или жировое, вымя* – имеет сильно развитую жировую ткань. После доения его объем не уменьшается и при ощупывании вымя остается упругим, с плотно облегающей кожей. Вымя имеет менее 40 % железистой ткани. Такое вымя малопродуктивно и не пригодно к машинному доению.

3. Метод взятия промеров. Оценка вымени коров по промерам дает представление о его величине и форме. Величина и форма вымени коров предопределяют уровень молочной продуктивности.

Для измерения вымени пользуются измерительной лентой, циркулем и штангенциркулем, с помощью которых берут следующие промеры вымени в определенных его точках (рис. 162).

- 1) длина – измеряется циркулем по направлению туловища, от задней выпуклости вымени до его переднего края у основания (БВ);
- 2) наибольшая ширина – измеряется циркулем над сосками передних четвертей (Γ);
- 3) наибольший обхват – измеряется лентой по горизонтальной линии на уровне основания переднего края (БВ);
- 4) глубина передней и задней четвертей – измеряется лентой вертикально от брюшной стенки до основания соска (ДЕ, ЗЖ);
- 5) высота вымени над землей – измеряется лентой от середины нижней части (ЕЖ) вымени до земли (этот промер характеризует степень подтянутости или отвисания вымени);
- 6) длина переднего и заднего сосков – измеряется лентой от их основания до кончика (ЕИ, ЖК);
- 7) обхват переднего и заднего сосков – измеряется лентой у основания соска (L_1 , L_2);
- 8) расстояние между передними сосками – измеряется лентой (в точках И – правая, И – левая);
- 9) расстояние между передними и задними сосками – измеряется лентой (ИК);
- 10) расстояние между задними сосками – измеряется лентой (в точках К – правая, К – левая).

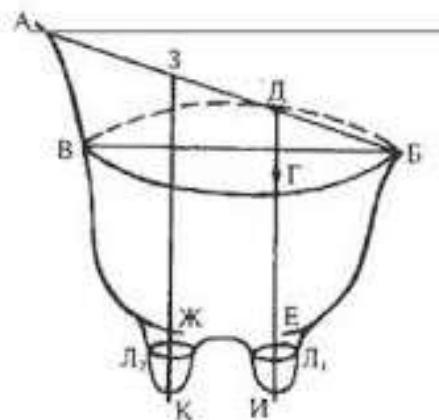


Рисунок 162 – Промеры вымени коров

По величине различают: *большое, среднее и малое вымя*. Величина вымени определяется показателями его обхвата и глубины. Обхват вымени 120 см и более считается большим, средним – 110–119 см и малым – менее 110 см. По глубине вымени – свыше 30 см считается глубоким, средней глубины – 20–30 см и малой – менее 20 см.

По длине соски бывают: *нормальные*, наиболее желательные по длине 6–9 см; *короткие* – менее 6 см и *длинные* – более 9 см. Задние соски обычно короче передних на 1–1,5 см.

По толщине (диаметру) нормальными считаются соски диаметром 2,5–3 см, тонкие – диаметром менее 2 см, толстые – 4 см и более. Желательное расстояние между передними сосками не менее 10–20 см, между задними – 8–12 см.

• Функциональные свойства вымени оценивают по следующим показателям:

- 1) *разовый удой* – количество выдоенного молока в кг;
- 2) *продолжительность доения* – измеряют с помощью секундомера, начиная с момента появления первых струек молока до окончания молокоотдачи (5–6 мин);
- 3) *интенсивность (скорость) молокоотдачи* – определяют делением удоя за контрольные сутки на время, затраченное на доение (1,2–2 кг/мин);
- 4) *холостое доение* (одновременность выдаивания) – определяют по разнице времени окончания выделения молока из первой и последней четвертей вымени (не более 60 с);
- 5) *равномерность развития четвертей вымени* (индекс вымени) – вычисляют как процентное соотношение удоя из передних долей к общему удою (не менее 42 %).

Каждую группу морфологических признаков оценивают отдельно с учетом вспомогательных показателей (табл. 13), исходя из высшей оценки – 5 баллов. За недостатки, в зависимости от характера и степени их выраженности, оценку снижают на 1 или 0,5 балла.

Таблица 13 – Минимальные требования к морфологическим признакам при оценке вымени и сосков в баллах

Морфологический признак	Оценка			
	5	4	3	2
Величина вымени	Крупное или среднее	Крупное или среднее	Среднее или малое	Малое
Прикрепление вымени	Плотное	Менее плотное	С перехватом	Отвислое
Железистость вымени	Железистое	Железистое	Недостаточно железистое	Мясистое или жировое
Подкожные вены	Выделяются хорошо	Выделяются хорошо	Выражены средне	Выражены слабо
Брюшные вены	Выделяются хорошо	Выделяются хорошо	Выражены средне	Выражены слабо
Спадаемость	Очень сильная	Сильная	Средняя	Плохая
Форма вымени	Ваннообразная	Чашеобразная	Округлая	Козья
Развитие четвертей	Симметричное, равномерное	Симметричное, равно-мерное, слабее развиты передние	Несимметричное, слабо развиты передние	Несимметричное, очень слабо развиты передние
Дно вымени	Горизонтальное	Несколько наклонное	Сильно наклонное	Ступенчатое
Боковая борозда	Не выражена	Слабо выражена	Заметно выражена	Сильно выражена
Величина сосков	Средней длины и толщины	Средней длины и толщины	Коротковатые, длинноватые, толстоватые	Очень короткие и длинные, тонкие и толстые
Форма сосков	Цилиндрическая или слегка коническая	Коническая	Бутыльчатая или слегка грушевидная	Грушевидная, карандашевидная, воронкообразная
Расположение и направление	Широко расположенные	Немного сближенные, направленные вниз	Немного сближенные, направленные вперед	Сближенные, направленные вбок (растопыренные)

В целом морфологические признаки вымени оценивают 25 баллами, выделяя 5 групп основных признаков вымени: 1) величину и прикрепление к телу; 2) железистость и развитие кровеносных сосудов; 3) форму по соотношению длины и ширины его овала; 4) развитие четвертей и нижний край (дно) вымени; 5) соски – их размеры, форма, расположение и направление. Сумма 5-балльных оценок перечисленных групп признаков дает общую оценку экстерьера вымени.

Для большей объективности глазомерную оценку уточняют, используя промеры вымени и сосков с учетом ориентировочных требований для оценки их в баллах (*табл. 14*).

Таблица 14 – Минимальные требования к промерам вымени и сосков при оценке в баллах

Промеры вымени, см	Оценка			
	5	4	3	2
Длина	Коровы 1-й лактации			
	35 и более	33–28	27–24	23 и менее
Ширина	29 и более	28–24	23–20	19 и менее
Обхват	100 и более	99–95	94–85	84 и менее
Глубина передних долей	28 и более	24–27	19–23	18 и менее
Длина сосков	9–6	9–6	4–5 и 10	Более 10 Менее 4
Диаметр сосков	2,2–2,8	2,8–3,0 2,0–2,1	3,1–3,5 1,7–1,9	Более 3,5 Менее 1,7
Длина	Коровы 3-й лактации			
	38 и более	37–30	29–26	Менее 26
Ширина	34 и более	33–27	26–23	Менее 23
Обхват	126 и более	125–100	99–90	Менее 90
Глубина передних долей	30 и более	27–30	23–26	Менее 22
Длина сосков	9–6	9–6	4–5 и 10	Более 10 Менее 4
Диаметр сосков	2,4–2,8	2,2–2,5 2,8–3,0	3,0–3,5 1,7–2,1	Более 3,5 Менее 1,7

Форма, размер вымени и сосков оказывают существенное влияние на процесс машинного доения. Они зависят от многих факторов: селекционной работы, условий выращивания телок, подготовки нетелей к отелу, стельности, раздоя первотелок, месяца лактации, моции, ухода, кормления и способа доения коров.

9.2. Получение разных фракций молока разового удоя

• Молоко, накапливающееся в молочной железе, в зависимости от места нахождения в вымени, условно подразделяется на 3 фракции: *цистернальное, альвеолярное, остаточное*.

- 1) **цистернальное молоко** – выделяется первым из вымени;
- 2) **альвеолярное молоко** – получают после удаления цистернальной порции путем выдаивания молока из каждой доли вымени;
- 3) **остаточное молоко** – не удаляется из молочной железы даже при тщательном доении.

Цель работы: получить цистернальное, альвеолярно-протоковое и остаточное молоко.

Материалы и оборудование: лактирующая корова (коза), молочные катетеры (рис. 163), мерные цилиндры, питуитрин или окситоцин, спирт, марля, вата, вазелиновое масло.

Ход работы: *цистернальное молоко* находится в пределах цистерны вымени и крупных молочных ходах. Для его получения животное фиксируют в станке. Вымя хорошо обмывают и насухо вытирают. Кончики сосков дезинфицируют и в их канал вводят стерильные катетеры, смазанные вазелиновым маслом. Вытекающее через катетеры молоко собирают и учитывают его объем. *Альвеолярное молоко* содержится в средних молочных ходах, выводных и альвеолярных протоках, просветах альвеол. Его получают после удаления цистернальной порции. Для этого необходимо произвести массаж молочной железы и тщательное ее выдаивание. *Остаточное молоко* не удаляется из вымени при доении. Получить его можно с помощью препаратов питуитрина, окситоцина. Питуитрин вводят под кожу: коровам 3–5 мл, козам 0,5–1 мл. Дозы окситоцина подкожно коровам 30–60 ЕД. При беременности противопоказано применение препарата. После инъекции препарата через катетер быстро начинает вытекать остаточное молоко, которое собирают в отдельную посуду.

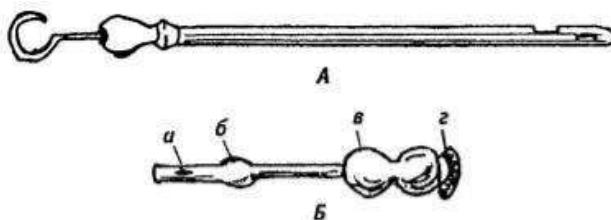


Рисунок 163 – Молочные катетеры:
A – обычный; Б – укороченный; а – отверстие; б – вздутие
для удержания катетера в соске; в – олива; г – винт

9.3. Рассмотрение молочного жира под микроскопом

Жир в молоке находится в виде стойкой эмульсии, которая обусловлена главным образом наличием белковой оболочки вокруг капелек жира. Сила поверхностного натяжения придает капелькам жира форму шариков, диаметр которых равен в среднем 3–4 мкм, с колебаниями от 0,5 до 20 мкм. Количество жировых шариков колеблется от 2 до 6 млн в 1 мкл цельного молока (в среднем 2–3 млрд в 1 мл молока).

Цель работы: рассмотреть молочный жир под микроскопом и определить величину жировых шариков.

Материалы и оборудование: лактирующая корова (коза), молочные катетеры, микроскоп, предметные и покровные стекла, пипетки, спирт, марля, вата, вазелиновое масло.

Ход работы: 5 мл молока разбавить дистиллированной водой в стаканчике в 4–5 раз. Стеклянной палочкой перенести каплю разбавленного молока на предметное стекло, накрыть покровным и рассматривать под микроскопом. Видны жировые шарики неодинакового размера (рис. 164).

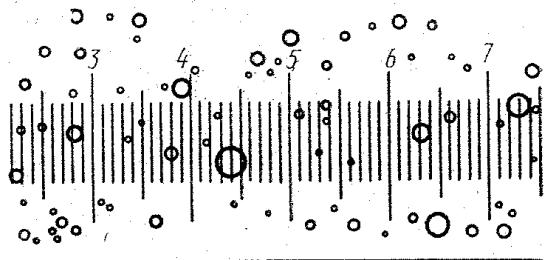


Рисунок 164 – Жировые шарики молока на фоне шкалы окуляр-микрометра

9.4. Подсчет жировых шариков в молоке

Цель работы: произвести подсчет жировых шариков в молоке.

Материалы и оборудование: свежеполученное молоко различных фракций, микроскоп, стакан, пробирки, пипетки, счетная камера Горяева, вата, марля, спирт, дистиллированная вода.

Ход работы: молоко развести дистиллированной водой в 200 раз и смешать (4 мл H_2O + 0,02 мл молока). Не давая жировым шарикам отстояться, внести каплю разбавленного молока на сетку камеры Горяева с притертым покровным стеклом. Подсчет количества жировых шариков в различных фракциях молока проводить под микроскопом в 5 больших квадратах (деленных на 16 маленьких),

расположенных по диагонали. Количество жировых шариков в 1 мкл молока высчитать по формуле

$$x = \frac{Ж \times 4000 \times 200}{80},$$

где X – число жировых шариков в 1 мкл молока; Ж – количество жировых шариков в 80 малых квадратиках. При сокращении чисел в формуле получаем $x = Ж \times 10\,000$.

Больше всего жировых шариков содержится в остаточной порции молока и меньше всего – в цистернальной ее части.

Вычислить количество жировых шариков в различных фракциях молока. Проанализировать полученные данные. Сделать выводы.

Контрольные вопросы по теме «Физиология размножения»

1. Что такое половая и физиологическая зрелость животных?
2. Органы размножения и их функции у самцов.
3. Охарактеризуйте стадии сперматогенеза.
4. Придаточные половые железы и их функции.
5. Физико-химические свойства спермы.
6. Какие факторы влияют на движение и жизнеспособность спермиев в органах размножения самок?
7. Половые рефлексы, их проявление у сельскохозяйственных животных.
8. Органы размножения и их функции у самок.
9. Что такое половой цикл, его фазы и регуляция.
10. Оогенез и овуляция.
11. Образование желтого тела и его функции.
12. Оплодотворение и факторы, влияющие на этот процесс.
13. Беременность и какова ее продолжительность у разных видов животных?
14. Процесс родов и его регуляция.
15. Как регулируется воспроизводительная функция животных?

Тест «Физиология размножения»

1. Возраст, когда в яичниках самок начинают периодически развиваться фолликулы и самки приходят в охоту:

- а) половая охота;
- б) половой цикл;
- в) половая зрелость;
- г) физиологическая зрелость;
- д) половой рефлекс.

2. Возраст, когда происходит окончательное развитие молодого животного:

- а) физиологический ритм;
- б) половая зрелость;
- в) половой цикл;
- г) физиологическая зрелость;
- д) гормональная зрелость.

3. Половая зрелость наступает у крупного рогатого скота:

- а) в 5–8 мес.;
- б) 12–15 мес.;
- в) 18–20 мес.;
- г) 16–18 мес.;
- д) 6–10 мес.

4. У лошадей половая зрелость наступает:

- а) в 16–18 мес.;
- б) 12–15 мес.;
- в) 18–20 мес.;
- г) 5–8 мес.;
- д) 6–10 мес.

5. Половая зрелость у свиней наступает в возрасте:

- а) 5–8 мес.;
- б) 12–15 мес.;
- в) 18–20 мес.;
- г) 16–18 мес.;
- д) 6–10 мес.

6. Физиологическая зрелость у крупного рогатого скота наступает в возрасте:

- а) 5–8 мес.;
- б) 12–15 мес.;
- в) 18–20 мес.;
- г) 16–18 мес.;
- д) 6–10 мес.

7. Можно спаривать лошадей по достижении возраста:

- а) 12–15 мес.;
- б) 5–8 мес.;
- в) 18–20 мес.;
- г) 16–18 мес.;
- д) 36 мес.

8. Период, когда у самцов в семенниках начинается образование спермииев и они могут оплодотворить самку:

- а) половой рефлекс;
- б) половая зрелость;
- в) половой цикл;
- г) физиологическая зрелость;
- д) половая охота.

9. Процесс образования и созревания мужских половых клеток:

- а) сперматогенез;
- б) оогенез;
- в) эякуляция;
- г) эрекция;
- д) овуляция.

10. Одна из стадий полового рефлекса самца, при которой происходит наполнение пещеристых тел полового члена кровью:

- а) реакция на самку;
- б) спаривание;
- в) эякуляция;
- г) эрекция;
- д) овуляция.

11. Стадия полового рефлекса самца, при которой происходит выделение спермы через мочеполовой канал:

- а) реакция на самку;
- б) эякуляция;
- в) эрекция;
- г) половая охота;
- д) спаривание.

12. Жидкость, выделяемая самцами при половых актах:

- а) секрет;
- б) инкрет;
- в) плазма;
- г) сперма;
- д) экскрет.

13. Порция спермы, выделяемая самцом за одну садку:

- а) инкрет;
- б) секрет;
- в) плазма;
- г) экскрет;
- д) эякулят.

14. Задержание семенников в брюшной полости называется:

- а) кастрация;
- б) импотенция;
- в) крипторхизм;
- г) сперматогенез;
- д) задержка.

15. Комплекс сложных морфологических и функциональных изменений, происходящих в органах размножения самки, направленных на обеспечение продвижения и оплодотворения гамет:

- а) охота;
- б) торможение;
- в) уравновешивание;
- г) овуляция;
- д) течка.

16. Процесс образования и созревания женских половых клеток:

- а) овуляция;
- б) сперматогенез;
- в) оплодотворение;
- г) течка;
- д) оогенез.

17. Процесс разрыва зрелого фолликула и выход из него яйце-клетки:

- а) овуляция;
- б) оогенез;
- в) течка;
- г) половая охота;
- д) половой цикл.

18. Желтое тело выделяет в кровь гормон:

- а) пролактин;
- б) прогестерон;
- в) окситоцин;
- г) эстроген;
- д) лютропин.

19. Рефлекс неподвижности проявляется у самок в период:

- а) овуляции;
- б) оплодотворения;
- в) половой охоты;
- г) общего возбуждения;
- д) течки.

20. Комплекс физиологических и морфологических процессов, протекающих в половой системе самки от одной овуляции до другой:

- а) половой рефлекс;
- б) половой цикл;
- в) половая охота;
- г) овуляция;
- д) общее возбуждение.

21. После овуляции на месте лопнувшего фолликула образуется:

- а) желтое тело;
- б) плацента;
- в) соединительнотканый рубец;
- г) синцитий;
- д) тромб.

22. В результате давления накапливающейся фолликулярной жидкости в нем происходит:

- а) овогенез;
- б) течка;
- в) оплодотворение;
- г) овуляция;
- д) эякуляция.

23. Вытекание слизи из половых путей самок происходит в период:

- а) овуляции;
- б) течки;
- в) половой охоты;
- г) общего возбуждения;
- д) оплодотворения.

24. Покраснение, припухание и отечность вульвы наблюдаются:

- а) при возбуждении;
- б) оплодотворении;
- в) течке;
- г) овуляции;
- д) половой охоте.

25. Перед наступлением течки и охоты в кровь самки выделяется больше гормона:

- а) лютеинизирующего;
- б) пролактина;
- в) фолликулостимулирующего;
- г) прогестерона;
- д) эстрогена.

26. Когда фолликул созрел, из гипофиза усиленно выделяется гормон:

- а) эстроген;
- б) прогестерон;
- в) фолликулостимулирующий;
- г) пролактин;
- д) лутеинизирующий.

27. Обеспечивает овуляцию и образование желтого тела гормон:

- а) фолликулостимулирующий;
- б) лутеинизирующий;
- в) пролактин;
- г) соматотропный;
- д) липотропный.

28. Обусловливает половое влечение самца к самке гормон:

- а) пролактин;
- б) адреналин;
- в) тестостерон;
- г) лютропин;
- д) соматотропин.

29. Характеризуется ослаблением возбуждения стадия полового цикла самки:

- а) уравновешивание;
- б) половая охота;
- в) торможение;
- г) овуляция;
- д) половой покой.

30. Центры нервной регуляции половых функций находятся:

- а) в гипоталамусе;
- б) среднем мозге;
- в) таламусе;
- г) эпиталамусе;
- д) гиппокампе.

Контрольные вопросы по теме «Физиология лактации»

1. Что такое лактация и какова ее продолжительность у сельскохозяйственных животных?
2. Понятие о лактопоэзе и маммогенезе.
3. Строение и развитие молочной железы в онтогенезе.
4. Состав молока и молозива коровы.
5. В чем заключаются различия между молозивом и молоком?
6. Как осуществляется синтез молока, его составных частей?
7. Нервная и гуморальная регуляция процесса образования молока.
8. Цистернальное, альвеолярное и остаточное молоко и их отличие по составу.
9. Типы секреции молока и их характеристика.
10. Факторы, влияющие на секрецию и выведение молока.
11. Нейрогуморальная регуляция процессов отделения и выделения молока. Рефлекс молокоотдачи.
12. Какое вымя считается пригодным к машинному доению?
13. Моррофункциональные требования к вымени коров, отбираемых для машинного доения.
14. Перечислите физиологические свойства вымени, представляющие наибольший интерес для практики машинного доения.
15. Какие требования к морфологическим признакам вымени коров?
16. Как производят подсчет жировых шариков в молоке?
17. Факторы, определяющие молочную продуктивность животных.

Тест «Физиология лактации»

1. Процесс образования, накопления и выведения молока из молочных желез:

- а) молокообразование;
- б) молоковыведение;
- в) доминанта лактации;
- г) лактация;
- д) доение.

2. Единая морффункциональная система, отвечающая за процессы молокообразования:

- а) доминанта лактации;
- б) лактационный центр;
- в) материнская доминанта;
- г) нервный центр;
- д) рефлекс молокообразования.

3. Молозиво у животных выделяется в течение:

- а) 2–3 дней;
- б) 3–4 дней;
- в) 1–3 дней;
- г) 3–5 дней;
- д) 7–10 дней.

4. Из крови в молоко переходят без изменений:

- а) белки;
- б) углеводы;
- в) казеины;
- г) жиры;
- д) витамины.

5. В молозиве и молоке имеется белок, задержавший рост многих бактерий:

- а) казеин;
- б) лизоцим;
- в) альбумин;
- г) лактоферрин;
- д) глобулин.

6. В среднем рефлекс молокоотдачи у коров длится:

- а) 12–15 мин;
- б) 2–3 мин;
- в) 5–7 мин;
- г) 15–20 мин;
- д) 7–12 мин.

7. Происхождение и синтез составных частей молока:

- а) лактогенез;
- б) лактопоэз;
- в) лактосинтез;
- г) лактосекреция;
- д) лактация.

8. Выведение молока из альвеол и мелких протоков молочной железы происходит под действием гормона:

- а) пролактина;
- б) вазопрессина;
- в) адреналина;
- г) окситоцина;
- д) прогестерона.

9. Лактоза состоит:

- а) из мальтозы и галактозы;
- б) сахарозы;
- в) глюкозы и галактозы;
- г) сахарозы и галактозы;
- д) фруктозы и галактозы.

10. Молоко образуется:

- а) в миоэпителиальных клетках;
- б) цистерне;
- в) протоках;
- г) эпителиальных клетках;
- д) соске.

11. Около 80 % всех белков молока приходится на долю:

- а) лактоферрина;
- б) лактоглобулина;

- в) казеина;
- г) лактоальбумина;
- д) лизоцима.

12. Оказывает тормозящее влияние на лактацию гормон:

- а) пролактин;
- б) тироксин;
- в) окситоцин;
- г) трийодтиронин;
- д) прогестерон.

13. К основным углеводам молока относится:

- а) глюкоза;
- б) сахароза;
- в) фруктоза;
- г) лактоза;
- д) галактоза.

14. Повышают продукцию молока и содержание жира в нем гормоны:

- а) гонадотропные;
- б) тиреоидные;
- в) половые;
- г) гипофизарные;
- д) глюкокортикоиды.

15. Молозивные тельца:

- а) эритроциты;
- б) иммунные белки;
- в) минеральные соли;
- г) лейкоциты;
- д) соли магния.

16. Преобладающая часть белков в молозиве приходится на долю:

- а) казеина;
- б) альбумина;
- в) β -лактоглобулина;
- г) α -лактоальбумина;
- д) иммуноглобулина.

17. Секреция молока осуществляется непосредственно:

- а) в клетках эпителия;
- б) альвеолах;
- в) клетках миоэпителия;
- г) цистерне;
- д) дольках.

18. Молоко, находящееся в цистерне и крупных молочных ходах, составляет порцию:

- а) остаточную;
- б) протоковую;
- в) цистернальную;
- г) альвеолярную;
- д) рефлекторную.

19. Молоко, которое получают после удаления цистернальной порции путем выдавивания из каждой доли вымени, составляет порцию:

- а) цистернальную;
- б) остаточную;
- в) синусную;
- г) альвеолярную;
- д) сосковую.

20. Разрушает микробы, попадающие в желудочно-кишечный тракт новорожденного:

- а) казеин;
- б) лактоза;
- в) альбумин;
- г) лизоцим;
- д) магний.

21. Послабляющее действие на кишечник новорожденного оказывает:

- а) казеин;
- б) магний;
- в) натрий;
- г) лактоза;
- д) жир.

22. По мере образования молоко из железистого эпителия выделяется:

- а) в полость альвеол;
- б) молочные протоки;
- в) сосковую цистерну;
- г) железистую цистерну;
- д) молочные ходы.

23. Переходят в молоко без изменений:

- а) казеины;
- б) лактоза;
- в) иммуноглобулины;
- г) жиры;
- д) белки.

24. Центры регуляции двигательной функции молочной железы находятся:

- а) в гипоталамусе;
- б) продолговатом мозге;
- в) таламусе;
- г) коре полушарий;
- д) спинном мозге.

25. Нейрогуморальная фаза рефлекса молокоотдачи связана с деятельностью гормона:

- а) окситоцина;
- б) лютропина;
- в) пролактина;
- г) прогестерона;
- д) фоллитропина.

ВОПРОСЫ К ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ЗАЧЕТУ

1. Понятие о морфологии и физиологии животных и их место среди биологических дисциплин.
2. Морфологическое строение клетки: строение и функции ядра, цитоплазмы, плазматической мембранны.
3. Общие и специальные органеллы, их роль в жизнедеятельности клетки. Включения клетки.
4. Деление клеток – митоз, мейоз и амитоз. Изменения в ядре и цитоплазме при митозе.
5. Понятие о тканях, их общая характеристика и классификация.
6. Общая характеристика, классификация и строение эпителиальных тканей.
7. Общая характеристика, классификация и строение опорно-трофических тканей.
8. Общая характеристика, классификация и строение мышечных тканей.
9. Общая характеристика нервной ткани.
10. Строение нейронов и нейроглии, их классификация.
11. Строение кости как органа.
12. Типы костей по форме и функции.
13. Общая характеристика скелета, принципы его строения и деления на отделы.
14. Мозговой отдел черепа: общая характеристика формирующих его костей.
15. Лицевой отдел черепа: общая характеристика формирующих его костей.
16. Шейный, грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой отделы позвоночного столба. Строение позвонков каждого отдела.
17. Строение скелета грудной конечности.
18. Особенности строения кисти различных видов животных.
19. Строение скелета тазовой конечности.
20. Особенности строения стопы различных видов животных.
21. Общая характеристика, функции и значение мускулатуры.
22. Строение мышцы как органа. Типы по форме, функции и внутреннему строению.
23. Мускулатура туловища и конечностей.
24. Моррофункциональная характеристика и значение кожи и ее производных.

25. Строение кожи и волоса.
26. Строение копыт, копытец, рогов и мякишей.
27. Строение и форма молочной железы крупного рогатого скота.
28. Понятие об органе, системе органов и организме. Деление внутренностей на системы.
29. Принципы строения трубообразных органов.
30. Принципы строения паренхиматозных органов.
31. Общая характеристика системы органов пищеварения, ее деление на отделы.
32. Морфофункциональная характеристика системы органов пищеварения.
33. Органы ротовой полости.
34. Анатомо-гистологическое строение глотки и пищевода.
35. Желудки однокамерные и многокамерные, анатомо-гистологическое строение.
36. Кишечник и его анатомо-гистологическое строение.
37. Строение печени и поджелудочной железы.
38. Общая характеристика системы органов дыхания.
39. Общая характеристика системы органов мочевыделения.
40. Строение половых органов самца.
41. Строение половых органов самки.
42. Анатомо-гистологическое строение сердца. Общая характеристика и значение.
43. Круги кровообращения. Строение артерий и вен.
44. Общая характеристика лимфатической системы. Классификация и строение лимфатических узлов.
45. Общая характеристика нервной системы и ее деление на отделы.
46. Морфофункциональная характеристика зрительного анализатора.
47. Морфофункциональная характеристика статоакустического анализатора.
48. Основные физиологические процессы и механизм их регуляции.
Понятие о рефлекторной дуге.
49. Функции крови.
50. Оsmотическое давление крови. Реакция крови.
51. Плазма крови, ее состав. Роль белков плазмы.
52. Эритроциты: строение, количество, функции. Гемоглобин, его виды.
53. Лейкоциты: классификация, количество, функции. Лейкоцитарная формула.

54. Учение о группах крови. Системы групп крови у сельскохозяйственных животных.
55. Свойства сердечной мышцы.
56. Цикл сердечной деятельности и его фазы. Нейрогуморальная регуляция сердечной деятельности.
57. Кровяное давление. Регуляция кровообращения.
58. Общая характеристика процессов дыхания. Механизм вдоха и выдоха. Типы и частота дыхательных движений. Дыхательный центр.
59. Газообмен в легких и тканях. Транспорт газов кровью.
60. Общая характеристика пищеварения. Функции пищеварительного тракта.
61. Пищеварение в ротовой полости. Состав слюны и механизм ее отделения.
62. Пищеварение в желудке. Состав желудочного сока и механизм его отделения.
63. Пищеварение в тонком отделе кишечника. Состав и свойства поджелудочного сока и механизм его отделения.
64. Желчь, ее состав и роль в пищеварении.
65. Особенности пищеварения у жвачных животных. Переваривание углеводов и белков в рубце.
66. Лактация, лактационный период у разных видов животных.
67. Механизм образования молока. Предшественники и составные части молока. Рефлекс молокоотдачи.
68. Характеристика возбудимых тканей. Свойства мышц и нервов. Классификация раздражителей.
69. Механизм проведения возбуждения. Учение Введенского о парабиозе.
70. Передача возбуждения в синапсах. Роль и виды медиаторов.
71. Механизм сокращения мышц. Работа мышц. Утомление мышц.
72. Общая характеристика желез внутренней секреции и их классификация. Гормоны, их свойства и механизм действия.
73. Гипофиз и его функциональное значение.
74. Роль надпочечников, поджелудочной и половых желез.
75. Роль щитовидной и паратиреоидной желез.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физиология, как фундаментальная наука, изучает биологические проблемы сохранения здоровья и продуктивности домашних и сельскохозяйственных животных. Основу физиологии составляют многочисленные функции, реакции, процессы, протекающие в организме здоровых животных, его органах, тканях, клетках, межтканевых и межклеточных пространствах. С ними связаны все свойства живого: обмен веществ и энергии, рост и развитие организма, постоянство внутренней среды, устойчивость к действию факторов внешней среды, усвоение информации и др.

Знание основ физиологии сельскохозяйственных животных является основой успешного развития животноводства и получения высококачественной продукции с наименьшими затратами на ее получение. Значительное повышение продуктивности и плодовитости животных невозможно без глубокого и всестороннего изучения физиологических процессов, протекающих в организме животного. Только зная механизмы и закономерности процессов жизнедеятельности органов и тканей в организме, можно планировать целенаправленные воздействия с целью изменения тех или иных органов и систем организма и корректировать их изменение или развитие в нужном направлении. Установление биологической роли витаминов и микроэлементов, гормональной регуляции физиологических функций, механизма молокообразования и молокоотдачи и другие достижения физиологии нашли широкое применение в практике животноводства.

Освоение материала настоящего учебного пособия по физиологии животных, приведенных в нем основ функционирования организма животного, обеспечивающего нормальную деятельность всех органов и систем, – залог успеха последующего образовательного процесса и научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Лысов, В.Ф. Основы физиологии и этологии животных / В.Ф. Лысов, В.И. Максимов. – М.: КолосС, 2004. – 248 с.
2. Практикум по физиологии и этологии животных / В.Ф. Лысов, Т.В. Ипполитова, В.И. Максимов [и др.]; под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
3. Максимов, В.И. Основы физиологии / В.И. Максимов, И.Н. Медведев. – СПб.: Лань, 2013. – 288 с.
4. Скопичев, В.Г. Морфология и физиология животных / В.Г. Скопичев, Б.В. Шумилов. – СПб.: Лань, 2005. – 416 с.
5. Физиология животных и этология / В.Г. Скопичев, Т.А. Эйсмонт, Н.П. Алексеев [и др.]. – М.: КолосС, 2005. – 720 с.
6. Смолин, С.Г. Физиология и этология животных: учеб. пособие / С.Г. Смолин. – СПб.: Лань, 2016. – 628 с.
7. Успенская, Ю.А. Физиология пищеварения: учеб. пособие / Ю.А. Успенская; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 114 с.
8. Физиология и этология животных / Т.В. Ипполитова, В.Ф. Лысов, Н.С. Шевелев [и др.]. – 2-е изд. – М.: КолосС, 2012. – 604 с.

Дополнительная литература

1. Малый практикум по физиологии человека и животных / А.С. Батуев, И.П. Никитина, В.Л. Журавлев [и др.]; под ред. А.С. Батуева. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 348 с.
2. Зеленевский, Н.В. Анатомия и физиология животных / Н.В. Зеленевский, А.П. Васильев, Л.К. Логинова. – 2-е изд. – М.: Академия, 2009. – 464 с.
3. Сравнительная физиология животных / А.А. Иванов, О.В. Войнова, Д.А. Ксенофонтов [и др.]. – СПб.: Лань, 2010. – 416 с.
4. Начала физиологии / А.Д. Ноздрачев, Ю.И. Баженов, И.А. Баранникова [и др.]; под ред. А.Д. Ноздрачева. – СПб.: Лань, 2001. – 1088 с.
5. Физиология и биохимия пищеварения животных и человека / под ред. В.К. Рыбальченко. – Киев: Фитосоциоцентр, 2002. – 366 с.
6. Фундаментальная и клиническая физиология; под ред. А.Г. Камкина, А.А. Каменского. – М.: Академия, 2004. – 1072 с.

Методические указания и другие материалы к занятиям

1. Нефедова, В.В. Система кровообращения: метод. указания / В.В. Нефедова, И.А. Пашкевич; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2003. – 20 с.
2. Пашкевич, И.А. Методы исследования дыхательной системы: метод. указания / И.А. Пашкевич, В.В. Нефедова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2004. – 28 с.
3. Смолин, С.Г. Витамины и их значение для организма животных: лекция / С.Г. Смолин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – 20 с.
4. Смолин, С.Г. Физиология дыхания, обмена веществ и энергии: метод. указания / С.Г. Смолин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2011. – 27 с.
5. Смолин, С.Г. Физиология лактации, мышц и нервов, высшей нервной деятельности и анализаторов: метод. указания / С.Г. Смолин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – 36 с.
6. Смолин, С.Г. Физиология системы крови: метод. указания / С.Г. Смолин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 47 с.
7. Успенская, Ю.А. Морфология и физиология сельскохозяйственных животных: метод. указания по выполнению контрольных работ / Ю.А. Успенская; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 58 с.
8. Успенская, Ю.А. Морфология и физиология сельскохозяйственных животных [Электронный ресурс] / Ю.А. Успенская; МСХ РФ, Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск: Локальная сеть КрасГАУ. – 876 с. – опубликовано 2017.
9. Успенская, Ю.А. Физиология нервно-мышечной системы: лекция / Ю.А. Успенская; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2000. – 23 с.
10. Успенская, Ю.А. Физиология пищеварения: учебно-метод. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.А. Успенская; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 32 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Правильные ответы к тестовым заданиям

Номер задания	Тесты самоконтроля							
	Физиология нервно-мышечной системы	Физиология системы крови	Физиология кровообращения	Физиология пищеварения	Физиология дыхания	Обмен веществ и энергии	Физиология размножения	Физиология лактации
1	г	а	в	б	б	г	в	г
2	в	г	в	д	а	д	г	б
3	б	в	в	г	б	в	д	д
4	д	а	д	д	б	б	а	д
5	г	а	г	г	б	а	а	б
6	в	а	б	в	в	г	г	в
7	г	б	б	б	в	в	д	б
8	б	в	д	б	д	д	б	г
9	д	г	б	д	в	в	а	в
10	в	в	б	д	а	г	г	г
11	б	д	г	в	д	б	б	в
12	б	а	г	б	б	г	г	д
13	в	г	г	в	в	б	д	г
14	б	в	в	д	в	а	в	б
15	а	б	в	а	б	в	д	г
16	в	в	д	б	б	б	д	а
17	а	а	в	г	д	г	а	а
18	в	в	б	г	б	в	б	в
19	г	в	д	в	г	б	в	г
20	д	г	в	д	г	в	б	г
21	а	б	в	б	в	а	а	б
22	д	г	а	б	а	в	г	а
23	а	а	в	в	в	а	б	в
24	г	б	б	б	б	в	в	д
25	д	б	в	д	в	б	в	а
26	а	г	г	г	в	в	д	
27	д	а	б	а	б	а	б	
28	г	а	в	б	д	б	в	
29	д	б	г	в	в	а	д	
30	а	в	а	г	д	б	а	

31	д	б	а	а	г	в		
32	а	б	д	г	б			
33	б	г	г	г	б			
34	б	б	д	д	в			
35	в	а	а	б	а			
36	а	д	а	а	в			
37	б	г	а	в	а			
38	г	г	а	г	г			
39	а	в	в	в	г			
40	а	а	д	в	г			
41	б	в	д	а				
42	д	б	г	б				
43	а	а	в	д				
44	б	в	д	в				
45	в	г	г	в				
46	б	в	д	в				
47	д	в	б	б				
48	д	г	г	б				
49	г	а	б	г				
50	в	б	а	а				
51		г	б	г				
52		г	б	в				
53		в	д	г				
54		б	б	б				
55		г	г	в				
56		д	а	в				
57		а		а				
58		а		б				
59		г		в				
60		а		б				
61		б						
62		а						
63		г						
64		б						
65		б						
66		а						
67		в						
68		г						
69		в						
70		г						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЮ. ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ	5
1.1. Определение физиологии, ее задачи и основные разделы.	
Основные методы физиологических исследований.....	5
1.2. Основные принципы структурно-функциональной организации организма животных	7
1.3. Регуляция жизнедеятельности организма	8
1.4. Понятие о гомеостазе.....	10
1.5. Общие свойства возбудимых тканей	11
1.6. Механизм возникновения возбуждения	13
1.7. Механизм проведения возбуждения	16
1.7.1. Межклеточная передача возбуждения.....	16
1.7.2. Передача возбуждения в рецепторах	22
1.8. Учение Введенского о парабиозе	23
1.9. Физиология мышц: строение и свойства.....	23
1.10. Механизм сокращения мышц	26
1.11. Работа мышц и механизм утомления мышц	30
1.12. Физиология нервов: строение и свойства.....	31
Лабораторное занятие 1. Физиология мышц и нервов	35
1.1. Приготовление нервно-мышечного препарата	35
1.2. Парабиоз и его фазы	37
1.3. Одиночное и тетаническое сокращения мышцы	39
1.4. Определение силы и работы мышцы при разных нагрузках	42
Контрольные вопросы по теме «Физиология возбудимых тканей, мышц и нервов».....	44
Тест «Физиология нервно-мышечной системы»	45
Глава 2. СИСТЕМЫ КРОВИ И ОРГАНОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ	55
2.1. Общая характеристика системы крови. Функции крови	55

2.2. Физико-химические свойства крови	56
2.3. Состав плазмы крови	57
2.4. Характеристика форменных элементов крови.....	59
2.5. Физиологические свойства сердечной мышцы	64
2.6. Сердечный цикл	67
2.7. Регуляция работы сердца	68
Лабораторное занятие 2. Физиология системы крови	72
2.1. Правила взятия крови у разных видов животных	72
2.2. Получение цельной крови, сыворотки, плазмы, фибрин и де- фибринированной крови.....	73
2.3. Наблюдение гемолиза.....	75
2.4. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ).....	78
2.5. Определение количества гемоглобина в крови по методу Сали	79
Лабораторное занятие 3. Физиология системы крови	81
3.1. Подсчет количества эритроцитов.....	81
3.2. Подсчет количества лейкоцитов.....	83
3.3. Выведение лейкоцитарной формулы	85
3.4. Определение групп крови и резус-фактора.....	88
Лабораторное занятие 4. Физиология кровообращения	92
4.1. Методы исследования работы сердца.....	92
4.2. Запись электрокардиограммы (ЭКГ) и ее анализ	98
4.3. Измерение кровяного давления	102
Контрольные вопросы по теме «Физиология системы крови».....	106
Тест «Физиология системы крови»	107
Контрольные вопросы по теме «Физиология кровообращения» ..	119
Тест «Физиология кровообращения».....	120
Глава 3. СИСТЕМЫ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ И БРЮШНОЙ ПОЛОСТЕЙ	131
3.1. Физиология пищеварения	131
3.1.1. Сущность процесса пищеварения. Типы пищеварения....	131

3.1.2. Ротовое пищеварение	133
3.1.3. Пищеварение в желудке	135
3.1.4. Желудочное пищеварение у жвачных животных.....	142
3.1.5. Пищеварение в тонком отделе кишечника	146
3.1.6. Моторика кишечника.....	151
3.1.7. Полостное и пристеночное пищеварение.....	153
3.1.8. Пищеварение в толстом отделе кишечника.....	154
3.1.9. Механизм всасывания	154
3.2. Физиология дыхания.....	157
3.2.1. Общая характеристика системы дыхания	157
3.2.2. Внешнее дыхание.....	160
3.2.3. Транспорт газов кровью	161
3.2.4. Диффузия газов в легких и тканях. Внутреннее дыхание..	163
3.2.5. Регуляция дыхания	164
3.2.6. Влияние различных факторов на процесс дыхания	166
Лабораторное занятие 5. Физиология пищеварения	168
5.1. Методы получения слюны	168
5.2. Выделение муцина из слюны.....	170
5.3. Определение вязкости слюны.....	171
5.4. Определение щелочности слюны.....	171
5.5. Действие ферментов слюны на углеводы	172
5.6. Методы получения желудочного сока.....	173
5.7. Определение кислотности желудочного сока.....	181
5.8. Определение протеолитической активности желудочного сока...182	
Лабораторное занятие 6. Физиология пищеварения	184
6.1. Методы получения поджелудочного сока.....	184
6.2. Определение протеолитической активности поджелудочного сока.	187
6.3. Определение амилолитической активности поджелудочного сока.	188
6.4. Определение липолитической активности поджелудочного сока	188
6.5. Методы получения кишечного сока	189

6.6. Методы получения желчи	193
6.7. Влияние желчи на фильтрацию жира	194
6.8. Эмульгирование – свойство желчи	194
6.9. Реакции на желчные кислоты и желчные пигменты.....	195
Лабораторное занятие 7. Физиология дыхания.....	196
7.1. Методы исследования дыхательной системы.....	196
7.2. Спирометрия.....	201
Контрольные вопросы по теме «Физиология пищеварения»	203
Тест «Физиология пищеварения».....	204
Контрольные вопросы по теме «Физиология дыхания».....	215
Тест «Физиология дыхания».....	216
Глава 4. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ.....	224
4.1. Общая характеристика обмена веществ	224
4.2. Обмен белков и его регуляция.....	225
4.3. Обмен углеводов и его регуляция	228
4.4. Обмен липидов и его регуляция	231
4.5. Обмен воды	234
4.6. Обмен минеральных веществ	236
4.7. Обмен энергии	240
Лабораторное занятие 8. Обмен веществ и энергии	243
8.1. Методы исследования обмена веществ и энергии	243
8.2. Определение баланса белка	246
8.3. Определение баланса жира	248
Контрольные вопросы по теме «Обмен веществ и энергии»	249
Тест «Обмен веществ и энергии»	250
Глава 5. ФИЗИОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И ЛАКТАЦИИ.....	256
5.1. Физиология размножения самцов	256
5.1.1. Общая характеристика размножения животных	256
5.1.2. Органы размножения и их функции у самцов	257
5.1.3. Сперматогенез	259

5.1.4. Половые рефлексы у самцов.....	261
5.1.5. Физико-химические свойства спермы	263
5.2. Физиология размножения самок	265
5.2.1. Органы размножения и их функции у самок	265
5.2.2. Оогенез	266
5.2.3. Половые рефлексы у самок.....	267
5.2.4. Понятие овуляции. Желтое тело	269
5.2.5. Нейрогуморальная регуляция половых функций.....	272
5.2.6. Оплодотворение	273
5.2.7. Беременность	276
5.2.8. Роды и их регуляция	281
5.3. Физиология лактации	282
5.3.1. Определение лактации. Рост и развитие молочных желез	282
5.3.2. Состав молока и молозива	285
5.3.3. Синтез молока	287
5.3.4. Регуляция молокообразования и молокоотдачи.....	288
5.3.5. Физиологические основы машинного доения	291
Лабораторное занятие 9. Физиология лактации	294
9.1. Оценка вымени для машинного доения	294
9.2. Получение разных фракций молока разового удоя.....	301
9.3. Рассмотрение молочного жира под микроскопом	302
9.4. Подсчет жировых шариков в молоке	302
Контрольные вопросы по теме «Физиология размножения»	303
Тест «Физиология размножения».....	304
Контрольные вопросы по теме «Физиология лактации».....	310
Тест «Физиология лактации».....	311
ВОПРОСЫ К ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ЗАЧЕТУ	316
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	319
ЛИТЕРАТУРА	320
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	322

ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ

Часть 3

Учебное пособие

Успенская Юлия Александровна

Редактор И.В. Пантелейева

Электронное издание

Подписано в свет 13.09.2019. Регистрационный номер 235

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru