

ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ»

Кафедра нормальной и патологической морфологии
и физиологии животных

Курс лекций
«Физиология и этология животных»

Учебно-методическое пособие для студентов 2-го курса
института ветеринарной медицины
и биотехнологии по специальности 111801.65 «Ветеринария»

Брянск 2015

УДК 636:612 (07)

ББК 45.2

О 34

Овсеенко, Ю.В. **Курс лекций «Физиология и этология животных»:** учебно-методическое пособие для студентов специальности «Ветеринария». / Ю.В. Овсеенко. - Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. – 295 с.

Курс лекций по физиологии и этологии животных предназначен для студентов 2-курса института ветеринарной медицины и биотехнологии, обучающихся по специальности 111801.65 «Ветеринария».

Учебно-методическое пособие содержит теоретический материал по всем темам курса физиологии и этологии животных, предусмотренный примерной программой (Москва, 2011г) и рабочей программой дисциплины (Брянск, 2012 г).

Предлагаемое пособие позволит студентам очной и заочной форм обучения более тщательно подготовиться к коллоквиумам, зачету и экзамену, а в дальнейшем поможет в изучении клинических ветеринарных дисциплин.

Рецензент:

кандидат биологических наук, доцент Е.А. Кривопушкина

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института ветеринарной медицины и биотехнологии от 27 февраля 2015 г. протокол № 5.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015

© Овсеенко Ю.В., 2015

Содержание

Введение в физиологию и этологию животных	4
Возбудимые ткани	10
Центральная нервная система	28
Эндокринология	50
Кровь и иммунная система	66
Кровообращение	92
Дыхание	113
Пищеварение	127
Обмен веществ и энергии	156
Выделение	191
Размножение	202
Лактация	228
Высшая нервная деятельность	243
Стресс и адаптация	258
Этология	265
Анализаторы	273
Список литературы	294

Введение

Вопросы: Предмет и методы исследований в физиологии. История развития физиологии. Организм, как единое целое. Понятие о гомеостазе. Нейрогуморальная регуляция функций. Понятие о функциональной системе (П.К. Анохин).

Физиология (гр. *pysis* природа + *logos* учение) - природо-ведение (или естествознание) т.е. наука о животном и растительном мире. В XVI - XVIII из физиологии выделились в самостоятельные дисциплины анатомия, зоология, ботаника. В задачу анатомии входило не только описание строения тела, но и изучение его функций. Лишь в XIX веке раздел анатомии, изучающий процессы жизнедеятельности был выведен в самостоятельную науку, за которой сохранилось и прежнее название - физиология.

Физиология - наука, изучающая процессы жизнедеятельности клеток, органов, систем органов и целостного организма во взаимосвязи с внешней средой. Физиология является фундаментальной (основополагающей) наукой. Она обобщает (интегрирует) биологические знания.

Цель физиологии: для зоотехнии изучать и изменять в нужном человеку направлении функции животных для увеличения их продуктивности, плодовитости и поддержания здоровья. Для ветеринарии физиология является основой для понимания сущности патологических процессов, разработки средств профилактики и лечения болезней.

Физиология является биологической основой рационального животноводства. Например, открытие роли микро- и макроэлементов, витаминов позволило разработать рациональные нормы питания, применение биологически активных веществ (витаминов, антибиотиков, гормонов, тканевых стимуляторов и др.); изучение процессов выведения молока позволило разработать технологию машинного доения; изучение вопросов оплодотворения позволило разработать искусственное осеменение животных я трансплантацию зигот.

Физиология наука экспериментальная. Основным методом исследований является эксперимент.

Острый опыт (вивисекция - живосечение) проводят на целом организме или на изолированных органах. Перед проведением острого опыта животное подвергают наркозу (или обез-

движиванию). После этого животное вскрывают с целью изучения работы внутренних органов, исследования на них раздражения нервов, лекарственных веществ. Для изучения функции отдельного органа пропускают через его сосуды, определенные составы (через молочную железу, сердце, почки и т.д.).

Однако применение наркоза, нейроплектиков и миорелаксантов нарушает нормальную деятельность нервной системы.

Хронический опыт - это длительный опыт на предварительно подготовленных животных (оперированных) или интактных (не подвергнутых операции). Для этой цели используют наложение фистул (на желудок, кишечник), выведение наружу протоков различных желез, мочеточников, вживление электродов, катетеров (ангиостомия гр. *anqeiou* сосуд; *stoma* отверстие), радиодатчиков удаление различных органов или их частей.

Моделирование функций - создание приборов, с помощью которых имитируются какие либо функции (искусственное сердце, почка).

Попытки познания жизнедеятельности организма были сделаны на заре развития цивилизации в **античный период** (лат. *antiquus* древний).

Первоначальные сведения о функции органов человека и животных были сформулированы врачом, мыслителем древней Греции - Гиппократом (460-377 гг. до нашей эры).

Гиппократ считается отцом медицины. Определенный вклад в развитие физиологии внесли грек Аристотель (384-322), римлянин Гален (171 - 200). В этот период наряду с достоверными знаниями накапливались и ошибочные, которые превращались в догмы. Аристотель утверждал, что кровь образуется в печени. Считалось, что артерии проводят воздушную субстанцию (так как при вскрытии они были пустые) отсюда и название (гр. *aegos* воздух). Труды Гиппократа, Аристотеля, Галена объединившие разрозненные сведения о строении и деятельности органов имели большое значение для становления физиологии.

В **период средневековья** феодальный строй, и церковь подавляли новые научные идеи. В Средней Азии таджикский врач, выдающийся ученый энциклопедист Авиценна написал "Канон врачебных наук" в котором были собраны все имевшиеся сведения о медицине. Он написал введение в анатомию и физиологию. Он отмечал значение для здоровья правильного питания, чистого воздуха, солнечного света. В первую очередь ставил целью профилактику болезней. Большое значение отво-

дил нервной системе. Провел знаменитый опыт с двумя баранам и волком.

В эпоху возрождения XV - XVII век на смену феодальному строю пришел капитализм. Начали развиваться естественные науки. Физиология как наука ведет свое начало от работ английского ученого Уильяма Гарвея (1578-1657). В 1628 году вышла книга Уильяма Гарвея анатомическое исследование движения крови и сердца у животных". В которой было дано правильное представление о большом и малом кругах кровообращения и о сердце как двигателе крови в организме.

Основатель анатомии Везалий (1514-1564) дал правильное представление о строении тела человека.

Итальянский ученый М. Мальпиги (1628-1694) изучил под микроскопом капилляры, соединяющие артерии и вены в замкнутую сеть сосудов и тем самым подтвердил правильность выводов Гарвея.

В период **развития капитализма XV II - XVIII** появилась потребность в знании объективных законов природы, в том числе и жизнедеятельности человека. В этот период были сделаны основополагающие открытия.

М.В. Ломоносов (1748) сформулировал закон сохранения вещества и энергии. Л. Гальвани (1791) открыл биоэлектрические явления в тканях. Ч. Дарвин (1859) опубликовал свою теорию эволюции органического мира. М. Шлейден и Т. Шванн (1828) разработали клеточную теорию. Ф. Велер (1828) впервые синтезировал органическое вещество из неорганического. И.М. Сеченов (1862) создал рефлекторную теорию.

Все это дало мощный толчок развитию физиологии.

В 1836 году вышел в России первый учебник по физиологии профессора МГУ А.М. Филомафитского.

Братья Вебер (1845) открыли тормозящее влияние блуждающего нерва на сердце.

Клод Бернар (1813-1878) обнаружил сосудосуживающее и сосудорасширяющее действие нервов. Он впервые ввел понятие "Железы внутренней секреции".

В XIX были сформированы в Германии физиологические школы, основанные на точном эксперименте (И. Мюллер, 1801-1858; Г. Геймгольц, 1821-1894; Э. Дюбуа-Реймон, 1818-1894; Р. Гейденгайн, 1834-1897; К. Людвиг, 1816-1885). Во Франции Ф. Мажанди (1783-1855), К. Бернар (1813-1878). В Англии Ч. Белл (1774-1842). В США У. Кеннон (1871-1945).

Выдающееся значение для физиологии имели исследования «отца русской физиологии» Ивана Михайловича Сеченова (1829-1905). В 1963 году он опубликовал работу "Рефлексы головного мозга", в которой впервые попытался объяснить психические процессы. Т.е. в основе функции головного мозга лежит рефлекторная деятельность. "Все сознательные и бессознательные акты по своему происхождению суть рефлексы". В области ЦНС Сеченов открыл явления суммации и торможения. Им изучены закономерности переноса газов кровью, физиология дыхания, мышечной деятельности и утомления.

Иван Петрович Павлов (1849-1936) - старейшина физиологов мира Лауреат Нобелевской премии, академик создатель новой диалектико-материалистической физиологии. Ввел в практику метод хронического эксперимента. Им создано учение о ВНД. Он открыл и ввел в практику метод условных рефлексов. Создал аналитико-синтетическое направление в физиологии, характеризующееся использованием хронических экспериментов. Установил ведущую роль нервной системы в интеграции физиологических функций.

В **современный период** физиология получила мощное техническое вооружение - появилась точная аппаратура, электроника, вычислительная техника.

Организм - представляет собой саморегулирующуюся систему, реагирующую как единое целое на различные изменения внешней среды. Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, - поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него (И.М. Сеченов).

Физиологические функции - проявление процессов жизнедеятельности, имеющих приспособительное значение (дыхание, размножение, пищеварение и др.). Основной функцией живого организма является обмен веществ и энергии. Обмен веществ (или метаболизм) является необходимым условием жизни.

Жизнедеятельность организма может нормально осуществляться лишь в определенных условиях внешней среды. Пределы колебания внешней среды, переносимые организмом высших животных, значительно шире, чем те, которые необходимы для нормального функционирования его клеток.

Организм же теплокровных животных может существовать при значительно более широких колебаниях. Например, полярный медведь может жить при температуре от -60 до +30 °С. Это

обусловлено тем, что организм может регулировать теплообмен с окружающей средой путем теплообразования и теплоотдачи.

Средой обитания клеток является внутренняя среда организма, которая изменяется в незначительных пределах.

Внутренняя среда организма - кровь, тканевая жидкость и лимфа. Клетки теплокровных животных нормально функционируют лишь в узких **температурных** границах (36-38°C). Сдвиг температуры за эти пределы приводит к нарушению жизнедеятельности клеток.

Клетки организма нормально функционируют лишь при относительно постоянном **осмотическом давлении** крови (обусловленным содержанием электролитов и воды), **активной реакцией среды** (концентрации ионов водорода - pH), уровне **сахара** в крови, содержании **белков** и других показателей.

Существуют жесткие константы, имеющие незначительный предел отклонений несовместимый с жизнью и менее жесткие. Это такие параметры, которые определяют оптимальную активность ферментов (температура, pH).

Французский ученый **Клод Бернар**, высказал идею о постоянстве внутренней среды организма и о наличии механизмов поддерживающих это постоянство. По его словам "Постоянство внутренней среды организма необходимое условие свободной и независимой жизни".

Американский ученый **Уолтер Кеннон** развил и дополнил эту концепцию и в 1929 году ввел термин - **гомеостаз**.

Гомеостаз (гр. homeo равный, подобный и stasis стояние, неподвижность) - относительное динамическое постоянство внутренней среды организма и устойчивость его основных физиологических функций.

Поддержание гомеостаза обеспечивается нейрогуморальным путем.

Гуморальная (или химическая) регуляция - (лат. humor жидкость) осуществляется биологически активными веществами, циркулирующими в жидких средах (кровь, лимфа и тканевая жидкость). Во внутреннюю среду организма поступают следующие биологически активные вещества: с пищей - **витамины, электролиты**; вырабатываются в организме процессе обмена веществ - **угольная кислота, аминокислоты и их производные, метаболиты**; вырабатываются отдельными клетками организма - **биогенные амины, простагландины**; синтезируются эндокринными железами - **гормоны**.

Гуморальная регуляция филогенетически более древняя. Она характеризуется следующими особенностями:

1. Не способна быстро изменять функции органов, так как это связано со скоростью движения крови;

2. Ее действие проявляется в 200-20000 раз медленнее, чем действие нервной системы. Концентрация биологически активных веществ вначале нарастает, а затем падает (не может быть дозированной);

3. Она действует без адресно, по принципу "Всем, всем, всем". Это связано с избирательной чувствительностью клеток к биологически активным веществам.

Нервная регуляция - эволюционно более молодая, но в то же время и более совершенная.

Она обеспечивает **быструю** перестройку функций органов и систем органов их координацию в соответствии с потребностями организма. Это связано с обильной иннервацией органов и высокой скоростью распространения импульсов. Ее действие **направлено** определенному центру или органу (т.е. определенному адресату). Она может **изменять продолжительность и интенсивность** воздействия.

Деятельность нервной системы осуществляется через рефлексы.

Рефлекс - ответная реакция организма на внешнее или внутреннее раздражение, осуществляемое при участии центральной нервной системы. Материальной основой рефлекса является рефлекторная дуга.

Рефлекторная дуга – путь, по которому проходит нервный импульс от рецептора до исполнительного органа (эффектора).

Поддержание гомеостаза и адаптация организма осуществляется деятельностью функциональных систем.

Концепцию о функциональной системе разработал отечественный ученый академик П.К. Анохин (1898-1974).

Функциональная система - динамическая система нервных образований и периферических органов, взаимосвязанных в достижении какого-то полезного для организма результата.

В основе саморегуляции лежит принцип обратной связи.

Периферические органы не только получают центробежные импульсы из ЦНС, но и посылают к ней центростремительные импульсы, сигнализирующие о состоянии их деятельности. Таким образом, осуществляется **обратная связь** или **обратная афферентация**.

Рефлекторная дуга представляет лишь часть функциональной системы. Принятие решения происходит на основе анализа и синтеза полученной информации: Выработка конкретных команд (секреция желез, сокращение мышц).

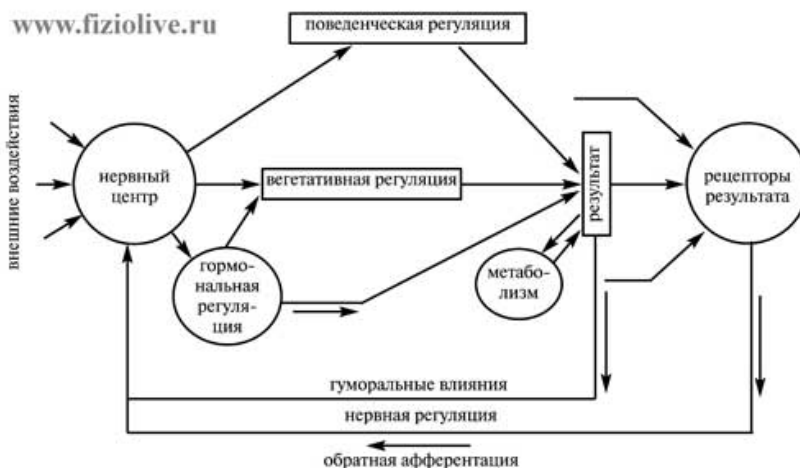


Рис. 1. Схема функциональной системы

Например: в регуляции температуры тела принимают участие: Железы внутренней секреции (регулирующие интенсивность обмена веществ). Скелетные мышцы, печень и другие внутренние органы (в которых происходит усиление метаболизма и образование тепла). Вегетативная нервная система, регулирующая сосуды кожи и потовые железы (регулирующие теплоотдачу).

Тема. Возбудимые ткани

Вопросы: Общая характеристика возбудимых тканей. Потенциал покоя, потенциал действия, Na^+ - K^+ насос. Изменение возбудимости в процессе возбуждения. Лабильность тканей. Парабриоз. Нервы. Мышцы. Механизм мышечных сокращений. Сила, работа и утомление мышц.

Все живые клетки обладают возбудимостью, но в физиологии к возбудимым тканям относят нервы, мышцы и железы (некоторые виды железистых клеток). Всем им присуща **возбу-**

димность - т.е. способность отвечать на раздражение возбуждением (переходить, под действием различных раздражителей, из состояния физиологического покоя в состояние возбуждения).

Возбуждение сложная биологическая реакция, характеризующаяся усилением обмена веществ, перераспределением ионов и возникновением биоэлектрических токов.

Общие признаки возбуждения - изменение мембранного потенциала (возникновение биотоков).

Специфические (частные) - возникновение и проведение нервного импульса, синтез и выделение медиатора (для нерва), сокращение (для мышцы), образование и выделение секрета (для железы).

Раздражители различаются по энергетической природе, биологическому действию и силе.

По энергетической природе: 1. Физические - давление, удар, термические, электрические, световые, звуковые, радиоактивные. 2. Химические - соли, кислоты, щелочи, гормоны, метаболиты, яды и т.д. 3. Физико-химические - осмотическое давление, кислотнo-щелочная реакция.

По биологическому действию: 1. Адекватные (специфические) - соответствующие т.е. действующие на ткань в обычных условиях ее существования. Для мышцы - нервный импульс, сетчатки глаз - свет, для слуховых рецепторов звуковые колебания. 2. Неадекватные (общие) - несоответствующие, т.е. действию которых ткань в обычных условиях не подвергается.

По силе: 1. Пороговые - раздражитель минимальной силы, способный вызвать возбуждение ткани независимо от времени действия. 2. Подпороговые - сила которых меньше пороговой, они не способны вызвать возбуждение ткани. 3. Сверхпороговые - раздражители, сила которых превышает пороговую.

По месту действия: 1. Внешние (свет, звук, запах и др.). 2. Внутренние (гормоны, электролиты, метаболиты).

Мерой возбудимости ткани является порог возбудимости (или порог раздражения).

Реобазис - минимальная сила раздражителя, способная вызвать возбуждение независимо от времени действия раздражителя. Порог возбудимости нерва ниже, чем мышцы или железы. На величину порога влияет функциональное состояние ткани.

Полезное время - время, в течение которого должен действовать раздражитель пороговой силы для того, чтобы вызвать возбуждение.

Хронаксия - наименьшее время, в течение которого должен действовать раздражитель равный удвоенной реобазе, чтобы вызвать возбуждение.

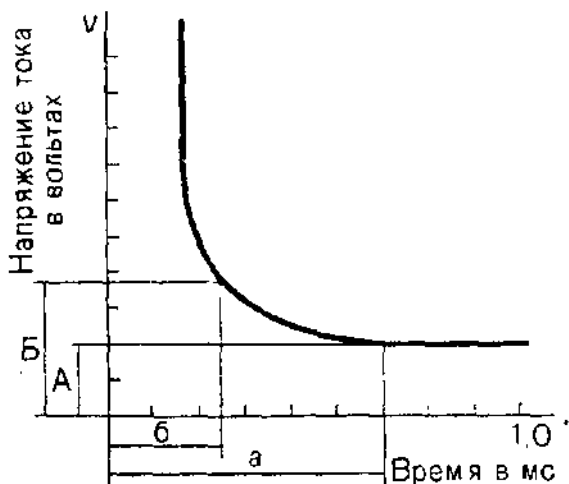


Рис. 2. Кривая «Силы-времени»

Хронаксиметрия - определение хронаксии с помощью специальных приборов (хронаксиметров). Хронаксиметрию применяют в экспериментах и клинической практике для характеристики функциональной активности возбудимой ткани. При помощи хронаксиметрии можно установить наличие повреждения двигательного нерва. Если нерв поврежден или нарушены иннервирующие мышцу нейроны, расположенные в ЦНС, то хронаксия значительно возрастает. При помощи хронаксиметрии в криминалистике можно установить время смерти организма.

Законы раздражения:

1. Закон силы. Для возникновения возбуждения необходим раздражитель пороговой силы. Чем сильнее раздражитель, тем короче время ответной реакции.

2. Закон времени. Для возникновения возбуждения пороговый раздражитель должен действовать определенное время (полезное время). Чем длительней действие раздражителя, тем сильнее ответная реакция.

3. Закон градиента (скорости нарастания силы раздражителя). Градиент (gradients) - мера возрастания какой либо величины в единицу времени. Сила раздражителя до пороговой ве-

личины должна нарастать быстро. При медленном нарастании силы раздражителя в ткани развиваются изменения, которые значительно повышают порог возбудимости. Скорость нарастания силы раздражителя должна превышать время аккомодации (приспособления) ткани. В основе аккомодации лежат процессы инактивации натриевой и повышение калиевой проницаемости.

Потенциал покоя, потенциал действия, Na^+ - K^+ насос

Основателем учения о биоэлектричестве явился итальянский ученый Луиджи Гальвани (1737-1798), который в 1791 году установил существование «животного электричества». Каждая живая клетка в состоянии покоя имеет электрический заряд (потенциал покоя). В 1955 г американские ученые Ходжкин, Хаксли и Катц предложили современную ионно-мембранную теорию или теорию натрий-калиевого насоса.

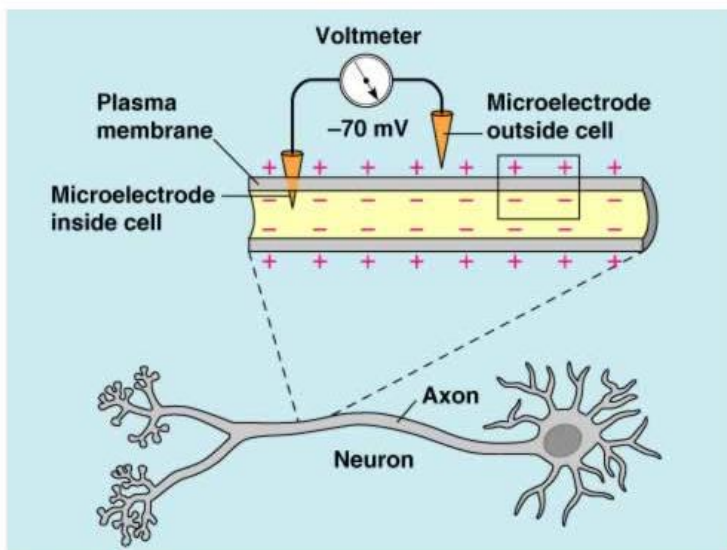


Рис. 3. Мембранный потенциал покоя

Потенциал покоя (ПП) - разность зарядов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны в состоянии покоя. Потенциал покоя нервов 60-70 мВ, скелетные мышцы 90 мВ, гладких мышц 30-70 мВ, сердечной мышцы 80 мВ, железистых клеток 30-40 мВ, эритроцитов 7-10 мВ. Разность потенциалов обусловлена неравномерным распределением различ-

ных ионов между внутренней и внешней стороной мембраны. Внутри клетки преобладают катионы калия и анионы органических кислот, снаружи - катионы натрия (концентрация K^+ внутри клетки в 30-40 раз больше, чем снаружи, а ионов Na^+ снаружи больше в 8-10 раз, чем в клетке). Неравномерное распределение связано с размерами ионов и неодинаковой их проницаемостью через мембрану. Клеточная мембрана практически непроницаема для крупных анионов органических кислот, белков, аминокислот, которые и создают отрицательный заряд внутренней поверхности мембраны. Ионы натрия, преобладающие в межклеточной жидкости, гидратированы (окружены водной оболочкой), имеют большой диаметр, вследствие чего их проникновение в клетку затруднено. Проницаемость мембраны для ионов K^+ , по сравнению с ионами Na^+ , значительно выше.

Потенциал действия (ПД) - кратковременное изменение мембранного потенциала, возникающее при возбуждении клетки. Под действием на клетку раздражителя проницаемость мембраны для ионов Na^+ возрастает в 500 раз по сравнению с состоянием покоя. Ионы Na^+ лавинообразно обрушиваются в клетку. Повышенная проницаемость мембраны для ионов Na^+ длится 0,5 -1,0 мс. После проникновения Na^+ в клетку происходит **деполяризация** (изменение величины и знака заряда) мембраны. После поступления ионов Na^+ в клетку из клетки начинают резко выходить ионы K^+ и происходит **реполяризация** мембраны (восстановление знака и величины заряда). Потенциал действия составляет для нервов и скелетных мышц 120 мВ, гладких мышц 60 мВ.

В потенциале действия различают:

Предспайк - процесс медленной деполяризации мембраны до критического уровня деполяризации (КУД, местное возбуждение, локальный ответ).

Пиковый потенциал, или **спайк**, состоящий из восходящей части (деполяризация мембраны) и нисходящей части (реполяризация мембраны). Реполяризация включает период быстрой реполяризации и период медленной реполяризации (**отрицательный следовой потенциал** или следовая деполяризация - от критического уровня деполяризации (КУД) до исходного уровня поляризации мембраны.).

Положительный следовой потенциал (следовая гиперполяризация) - увеличение мембранного потенциала и постепенное возвращение его к исходной величине.

Натрий - калиевый насос - механизм, обеспечивающий

активный транспорт ионов (Na^+ и K^+) через мембрану клетки против электрического и концентрационного градиента. С внутренней стороны мембраны ионы Na^+ связываются с белком переносчиком, который осуществляет активный транспорт их через мембрану. Снаружи этот переносчик может связываться с ионами K^+ и переносить их внутрь клетки. Для активации переносчика используется метаболическая энергия АТФ и ферменты. В клетке 10-20 % энергии тратится на работу ионных насосов. После возникновения и исчезновения ПД метаболические ионные насосы восстанавливают исходное состояние мембраны (концентрацию катионов натрия и калия). Во время одиночного ПД через мембрану проходит незначительное количество Na^+ и K^+ (примерно 1/1000000 часть).

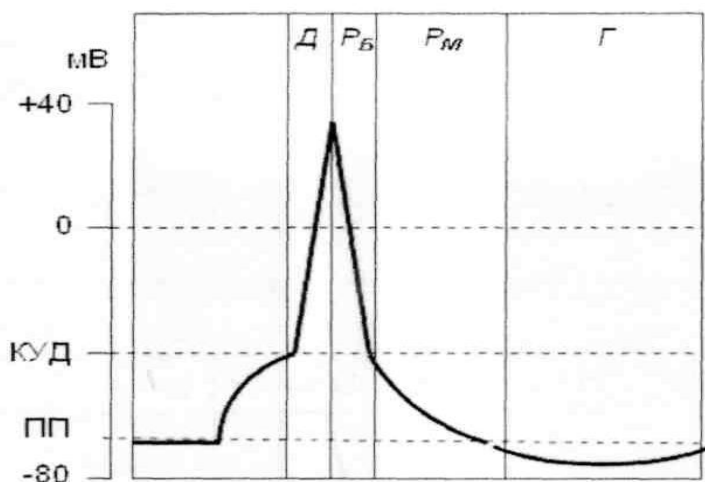


Рис. 4. Мембранный потенциал действия. КУД (критический уровень деполяризации) - местное возбуждение. Д – деполяризация. Р_Б - реполяризация быстрая. Р_М - реполяризация медленная (отрицательный следовой потенциал). Г - следовая гиперполяризация (положительный следовой потенциал)

Изменение возбудимости мембраны в процессе возбуждения.

В период деполяризации мембрана полностью невозбудима - **абсолютная рефрактерность**, в период быстрой репо-

ляризации отмечается восстановление возбудимости - **относительная рефрактерность**.

В период медленной реполяризации возбудимостью мембраны наивысшая - **фаза экзальтации**. В период следовой гиперполяризации (положительный следовой потенциал) возбудимость несколько снижается - **фаза субнормальности**.

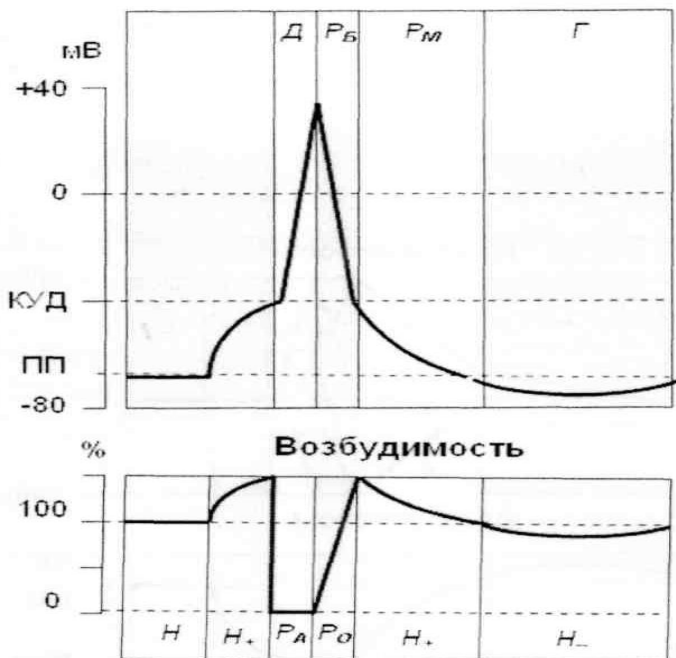


Рис. 5. Изменение возбудимости мембраны в процессе возбуждения. Н - нормальная возбудимость. Н₊ - повышение возбудимости. P_А - рефрактерность абсолютная. P_О - рефрактерность относительная. Н₊ - повышение возбудимости (фаза экзальтации). Н₋ - пониженная возбудимость (фаза субнормальности)

Лабильность или функциональная подвижность - способность ткани воспроизводить потенциалы действия в соответствии с ритмом раздражителя. Мерой лабильности является максимальное число импульсов возбуждения, которое способна воспроизвести ткань за 1 секунду. Так лабильность мякотных нервов составляет 500-1000 (в условиях организма 50-100),

безмиелиновых 200, скелетных мышц 200, гладких мышц 20 имп./с. Возбудимые ткани способны к усвоению ритма, т.е. при раздражении определенной частоты ткань не сразу отвечает соответствующим количеством импульсов. Она изменяется в процессе работы.

Теория парабиоза. Н.Е.Введенский (1856-1925) в 1901 г. в своем труде "Возбуждение, торможение и наркоз" впервые изложил теорию о парабиозе. Парабиоз (гр. para возле, около + bios жизнь) - т.е. состояние на грани жизни. Эта теория объясняет, как возбуждение переходит в торможение, а торможение может заканчиваться прекращением жизнедеятельности ткани. При действии альтерирующего (отравляющего) вещества (хлороформа, эфира и др.) на участок нерва в нем происходят функциональные изменения (т.е. снижается лабильность, увеличивается период абсолютной рефрактерности). В норме сила сокращения мышцы зависит от частоты (или силы) раздражителя. После действия альтерирующего вещества наблюдаются следующие стадии:

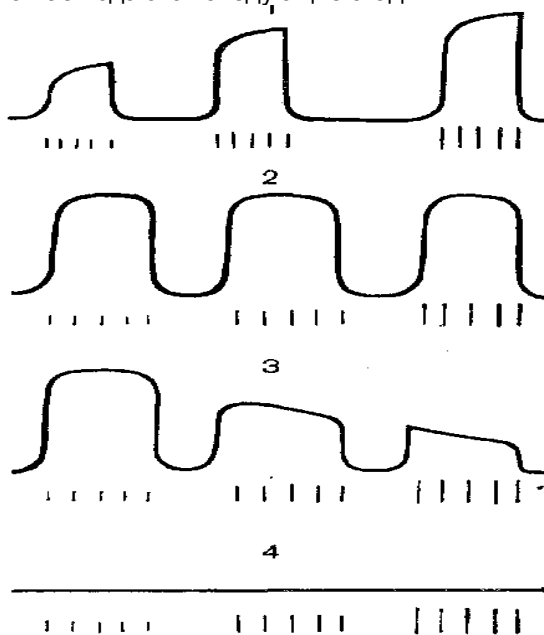


Рис. 6. Стадии парабиоза. 1. Норма. 2. Уравнительная. 3. Парадоксальная. 4. Торможение

Уравнительная - одинаковые по силе сокращения на разные по частоте (или силе) раздражения. Под действием альтерирующего вещества лабильность поврежденного участка нерва постепенно снижается, т.е. состояние возбуждения исчезает медленно. Во время уравнительной стадии нерв отвечает на частые (сильные) импульсы в трансформированном, более редком ритме.

Парадоксальная - на редкие (или слабые) раздражения мышца отвечает сильным сокращением, а на частые (или сильные) реагирует очень слабо. Во время парадоксальной стадии лабильность еще более снижается, и частые возбуждения не проходят т.к. они приходится на фазу абсолютной рефрактерности, но и сами вызывают дальнейшее снижение лабильности. Поэтому мышца отвечает сокращением лишь на редкие (или слабые) раздражения, которые совпадают с концом относительной рефрактерности.

Торможение - при этой стадии видимые проявления жизни (возбуждение и торможение) отсутствуют. После удаления альтерирующего вещества парабиоз прекращается, и функциональные свойства восстанавливаются, проходя те же стадии в обратном порядке.

Учение Н.Е. Введенского о парабиозе устанавливает связь между двумя внешне противоположными состояниями - возбуждением и торможением. Возбуждение и торможение это различные реакции ткани на раздражение. При высокой лабильности импульсы возбуждения проводятся без изменений. Снижение лабильности задерживает проведение импульсов и возникает торможение. Н.Е. Введенский рассматривал парабиоз как особое состояние стойкого, неколеблущегося возбуждения.

Нерв - совокупность нервных волокон (отростков нервных клеток) заключенных в общую соединительно-тканную оболочку - **эпинервий**.

Различают малопучковые и многопучковые нервы. Нервные пучки окружены соединительнотканной оболочкой - **перинервием**. Каждое нервное волокно покрыто **эндонервием**.

Различают двигательные, чувствительные, вегетативные и смешанные нервы. Смешанные нервы содержат двигательные, чувствительные и вегетативные волокна. Количество нервных волокон в одном пучке 1-2 тысячи, а в нерве от 3 до 32 тысяч.

Свойства нерва:

1. **Возбудимость** - способность ткани отвечать на раздражение возбуждением. Порог возбудимости нерва ниже, чем в

мышцах и железах.

2. Проводимость - способность нерва проводить возбуждение. Проведение возбуждения возможно при сохранении анатомической и функциональной целостности мембраны нервного волокна. Импульсы распространяются в обе стороны от места действия раздражителя (двустороннее).

3. Лабильность или функциональная подвижность - способность возбудимой ткани воспроизводить потенциалы действия в соответствии с ритмом раздражителя. Лабильность миелиновых нервов (в условиях эксперимента) составляет 500-1000 импульсов в секунду, а безмиелиновых - 200 импульсов в секунду.

4. Высокая работоспособность. Высокая работоспособность нерва обусловлена низким уровнем обмена веществ. Так, при возбуждении в нерве затрачивается энергии в 100000 раз меньше, чем в мышце. В опытах Н.Е. Введенского нерв сохранял возбудимость и проводимость в течение 12 часов непрерывного раздражения.

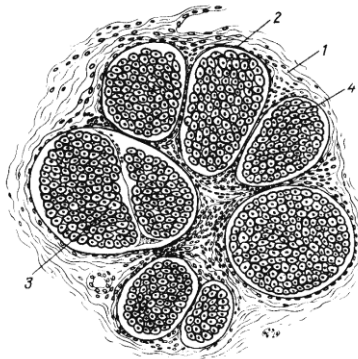


Рис. 7. Строение многопучкового нерва. 1. Эпинервий. 2. Перинервий. 3. Эндонервий. 4. Нервный пучок

Нервное волокно - отросток нервной клетки (аксон или дендрит). В зависимости от диаметра и скорости проведения возбуждения нервные волокна подразделяют на 3 типа - А, В, С.

Различают миелиновые и безмиелиновые нервные волокна. В зависимости от диаметра и скорости проведения возбуждения нервные волокна подразделяют на 3 типа - А, В, С.

Миелиновая оболочка, представляет собой жироподобное вещество, обладающее высоким сопротивлением. Миелин выполняет защитную, трофическую функцию и является изолятором.

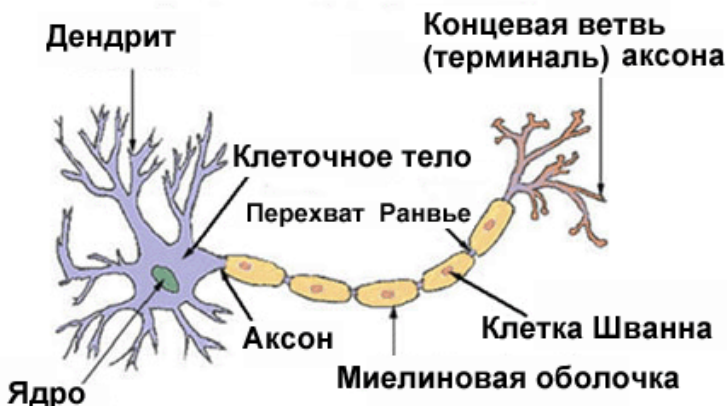


Рис. 8. Нейрон

Таблица 1 - Типы мышечных волокон

Тип	Диаметр, мкм	Скорость, м /с	Иннервация
A _α	12-22	70-120	Скелетные мышцы
A _β	8-12	40-70	Афферентные. Кожи
A _γ	4-8	15-40	Афферентные. Давление
A _δ	1-4	5-15	Афферентные. Боли
B	1-3	3-14	Вегетативные (прегангл.)
C	0,5-1,0	0,5-3	Вегетативные (постгангл.)

Участки, лишенные оболочки (перехваты Ранвье) расположены на расстоянии 1-1,5 мм. В момент возбуждения поверхность мембраны перехвата Ранвье становится заряженной отрицательно по отношению к поверхности мембраны соседнего перехвата. Ток идет через межтканевую жидкость. Выходящий через соседний перехват ток возбуждает его и вызывает перезарядку. Сам же перехват находится в состоянии возбуждения и на время становится рефракторным. Поэтому круговые токи могут распространяться только от данного перехвата. Возбуждение передается скачкообразно, от одного перехвата к другому. Высокая плотность тока на перехватах. Высокая скорость проведения возбуждения 70-120 м/с. Возбуждение распространяется с небольшой затратой энергии. Сила возбуждения не затухает (без декремента).

Мембрана безмиелинового нервного волокна обладает низким сопротивлением и круговые токи могут выходить на разных расстояниях, рассеиваться и затухать. Возбудить мембрану могут только те, которые выходят вблизи от участка возбуждения. Возбуждение распространяется вдоль всей мембраны в виде горящего шнура. Возбуждение распространяется медленно 0,5-3 м/с. Возбуждения передается с большими затратами энергии и затуханием.

Синапс (гр. *synapsis* соединение, связь) структурное образование, обеспечивающее передачу возбуждения с нервного волокна на иннервирующую им клетку (нервную, мышечную, секреторную). Термин «синапс» был введен в 1897 г. английским физиологом Ч. Шеррингтоном (1857-1952). Синапс состоит из пресинаптической мембраны (утолщенное окончание аксона), постсинаптической мембраны (образована мембраной иннервируемой клетки и синаптической щели (ширина 50-100 нм).

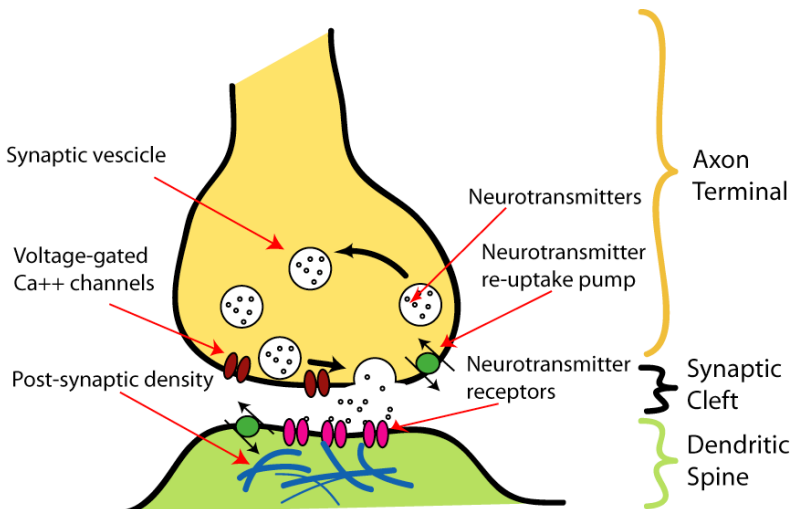


Рис. 9. Строение синапса

Нервный импульс, достигая нервного окончания, вызывает выделение медиатора (**ацетилхолина**) из синаптических пузырьков, который поступает (диффундирует) в синаптическое пространство. Запаса ацетилхолина в пузырьках достаточно для 2500-5000 импульсов. Ацетилхолин диффундирует через щель и достигает постсинаптической мембраны. Постсинаптическая

мембрана имеет особый высокочувствительный к медиатору белок - **холинрецептор**. Соединение ацетилхолина с холинрецептором приводит к изменению структуры (конформации) белка, в результате повышается проницаемость постсинаптической мембраны для ионов Na^{++} . В результате чего происходит деполяризация постсинаптической мембраны и возникновение ПД. В синаптической щели находится фермент **холинэстераза**, который очень быстро (в течение 20 мс) расщепляет выделившийся ацетилхолин и тем самым восстанавливает исходное состояние постсинаптической мембраны.

Свойства синапса:

1. Одностороннее проведение возбуждения.
2. Наличие синаптической задержки (0,2-0,5 мс).
3. Высокая чувствительность постсинаптической мембраны к медиатору.
4. Величина постсинаптического потенциала (ПД) прямо пропорциональна количеству выделившегося медиатора.
5. Низкая лабильность (30-40 имп./с).
6. Пластичность.

Мышцы. Масса мышц у человека составляет: У мужчин - 42% веса тела, у женщин - 35% (у спортсменов 45-52%).

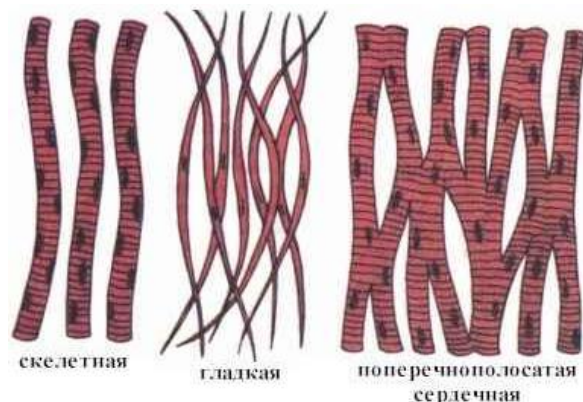


Рис. 10. Типы мышц

Морфофункциональные особенности гладких мышц.

Гладкие мышцы расположены во внутренних органах, стенке кровеносных сосудов и коже. Структурным элементом гладкой мышечной ткани являются миоциты. **Миоциты** - мышечные клетки веретенообразной (или звездчатой) формы диаметром 4-

8 мкм и длиной в среднем 100- 200 мкм (до 500 мкм). В середине клетки находится ядро. В саркоплазме миофибриллы размещены параллельно друг другу. Актиновые и миозиновые нити (про-тофибриллы) распределены **неравномерно**, поэтому гладкомышечная клетка не имеет поперечной исчерченности. Снаружи каждая клетка покрыта саркоплазматической мембраной. Клетки гладких мышц соединены особым межклеточным контактом - **нексусы** (через которые могут передаваться возбуждения от одной клетки к другой), а также коллагеновыми и эластическими волокнами.

Свойства гладких мышц

1. Обладают высокой пластичностью, т.е. способны сохранять приданную растяжением длину без изменения напряжения. Могут быть полностью расслаблены, как в укороченном, так и в растянутом состоянии.

2. Обладают автоматией (за исключением мышц кровеносных сосудов и семенных протоков).

3. Низкая скорость сокращения 1-3 с (в 100-500 раз ниже, чем у скелетных мышц) и расслабления. Сокращаются синхронно.

4. Имеют низкий уровень обмена веществ. Способны к длительным стойким сокращениям без утомления и при небольшой затрате энергии. Сила сокращения небольшая, но мышцы более выносливые.

5. Имеют большой латентный период, большой период абсолютной рефрактерности.

6. Низкий потенциал действия (60 мВ), низкую возбудимость.

7. Низкая скорость проведения возбуждения (0,2-0,3 м/с).

8. Чувствительны к растяжению и химическим веществам.

9. Иннервируются вегетативной нервной системой. Не способны к произвольным сокращениям.

Морфофункциональные особенности скелетных (поперечнополосатых) мышц: Под микроскопом эти мышцы имеют поперечнополосатую исчерченность. Поперечнополосатые (скелетные) мышцы состоят из **мышечных пучков**, содержащих тысячи **волокон**. Каждый пучок отделен соединительнотканной оболочкой (**перимизиумом**), а каждое мышечное волокно окружено клеточной оболочкой - **сарколеммой**.

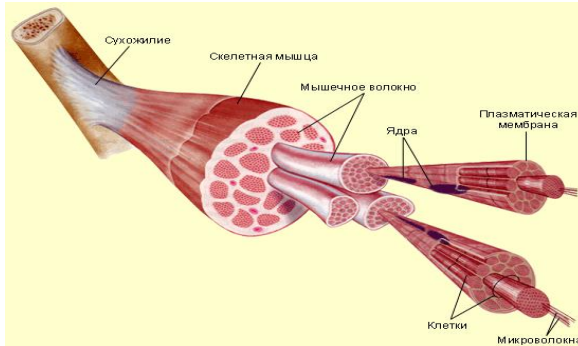


Рис. 11. Строение скелетной (поперечнополосатой) мышцы

Мышечное волокно представляет собой клетку цилиндрической формы длиной от нескольких миллиметров до 12-16 см и диаметром 20-100 мкм. Каждое волокно содержит от 1000 до 2000 и более **миофибрилл**, состоящих из длинных молекул белка, окруженных цитоплазмой (саркоплазмой). Между миофибриллами рядами расположены митохондрии. Каждую миофибриллу окружает **саркоплазматический ретикулум** (сеть).

Миофибрилла представляет собой большое количество тонких (**актиновых**) и толстых (**миозиновых**) нитей белка. Каждая миофибрилла разделена Z мембранами на **саркомеры** (повторяющиеся участки миофибриллы, ограниченные двумя полосками Z). В каждой миофибрилле примерно 20000 саркомеров. Длина саркомера 2,5 мкм ($2,5 \text{ мкм} \cdot 20000 = 50000 \text{ мкм}$ или 0,05 м или 5 сантиметров). Темный повторяющийся участок миофибриллы **А-диск, анизотропный** (ан- отрицание + гр. isos равный + tropos поворот) образован миозином - обладает двойным лучепреломлением. При сокращении мышц длина А - дисков не изменяется. Область А - дисков не содержащая нитей актина - **Н зона** (более светлый участок в темной миозиновой полосе). Светлый, повторяющийся участок миофибриллы, **И-диск, изотропный** образован нитями актина не обладает **двойным** лучепреломлением. Тонкие нити (**актин**), прикреплены к поперечной Z мембране. Толстые нити (**миозин**), на конце молекулы имеют **головки** (поперечные мостики, при помощи которых они взаимодействуют с актиновыми нитями).

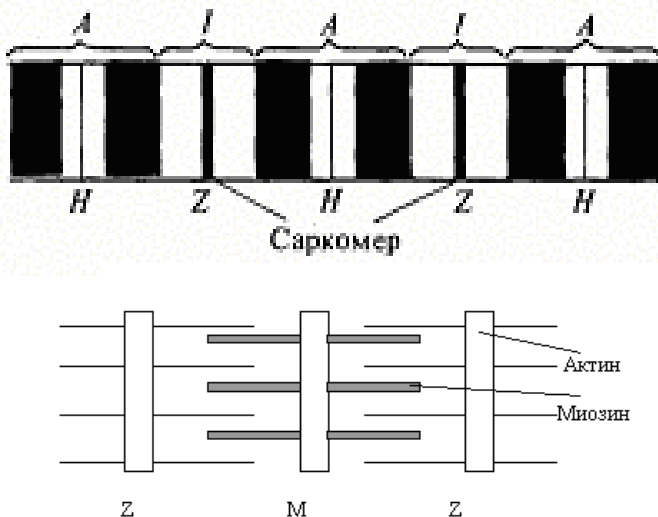


Рис. 12. Строение саркомера. А – анизотропный диск (образован миозиновыми нитями). I – изотропный диск (образован актиновыми нитями). H – зона (более светлая зона А диска), нет актиновых нитей). Z – мембрана (прикреплены актиновые нити)

Различают красные и белые мышечные волокна. **Красные** волокна богаты саркоплазмой и содержат много митохондрий, миоглобина, жиров и мало миофибрилл (имеют красный цвет). Скорость распространения возбуждения в них невысокая 3-4 м/с. Волокна слабые, сокращаются медленно (в 5 раз медленнее), но обладают большой выносливостью. Утомление развивается медленно. Находятся в мышцах, которые должны постоянно работать (**медленные мышцы**). Мышцы слабые и более пластичные.

Белые волокна имеют много миофибрилл и мало саркоплазмы, миоглобина, капилляров, митохондрий, жиров. Волокна сильные, но быстро устают. Скорость распространения возбуждения в них высокая 12-15 м/с. Находятся в мышцах совершающих кратковременную, но большую работу (**быстрые мышцы**). Мышцы сильные, эластичные.

Свойства поперечнополосатых мышц:

1. Возбудимость скелетных мышц выше, чем гладких, но ниже чем нерва. ПД-120 мВ. Порог возбудимости ниже, чем у

гладких мышц.

2. Возбуждение по мышечным волокнам проводится изолированно, т.е. не передается с одного мышечного волокна на другое.

3. Скорость проведения возбуждения более высокая, чем у гладких мышц (3-15 м/с).

4. Высокая упругость, эластичность.

5. Сокращения быстрые (0,1 с), сильные и несинхронные.

6. Иннервируются соматической нервной системой (способны к произвольным сокращениям).

Механизм мышечных сокращений

В основе сокращения лежит взаимодействие между актиновыми и миозиновыми нитями миофибрилл, вследствие образования поперечных мостиков между ними. На поверхности актиновых нитей имеется два белка - **тропоин** (имеет повышенное сродство к ионам Ca^{++}) и **тропомиозин**, которые лежат вдоль актиновой спирали и препятствуют присоединению головки миозина к актину. Тропоин прикреплен к актину и тропомиозину.

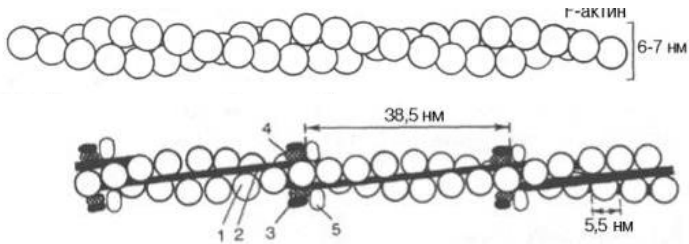


Рис. 13. Актиновая нить. 1 - актин; 2 – тропомиозин. 3 - тропонин С. 4 - тропонин I. 5 - тропонин Т

Сокращения происходят под влиянием ПД, в результате чего из саркоплазматического ретикулума (эндоплазматическая сеть) освобождаются ионы Ca^{++} (запускающие механизм сокращения) и поступают в саркоплазму. Ионы Ca^{++} взаимодействуют с **тропоином** и в результате чего изменяется его конформация и происходит смещение молекулы тропомиозина (препятствующего взаимодействию головки миозина с актином) и миозиновая головка прикрепляется к актиновой нити и образуется комплекс - **актомиозин**, обладающий высокой АТФ - азной активностью (в 10 раз большей, чем у миозина). При этом происходит расщепление молекулы АТФ и высвобождается энергия необходимая для сокращения.

Головки миозина совершают движения (кивок, подобный движению весла). Во время сильных сокращений количество гребковых движений составляет до 5 раз в секунду. При сокращении происходит втягивание (скольжение) тонких актиновых нитей между миозиновыми. Во время скольжения сами нити не укорачиваются. Нити актина прикреплены к Z мембране, тянут ее за собой и вызывают укорочение саркомера. После завершения сокращения Ca^{++} возвращается в саркоплазматический ретикулум, который активно поглощает Ca^{++} и удаляет его из саркоплазмы. Для расслабления мышцы (инактивации поперечных мостиков и отсоединения их от актиновых нитей и удаления ионов Ca^{++} в саркоплазматический ретикулум) необходима энергия АТФ и ионы Mg^{++} .

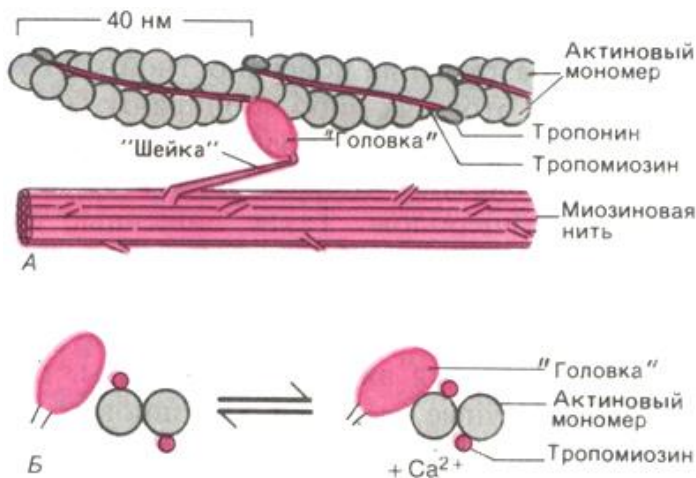


Рис. 14. Взаимодействие головок миозина с нитями актина

Синтез АТФ (восстановление) происходит при участии креатинфосфата, а восстановление креатинфосфата происходит за счет окисления свободных жирных кислот, кетоновых тел и глюкозы, а при интенсивной мышечной работе и гликогена мышц. АТФ образуется при анаэробном гликолизе. При этом из одной молекулы глюкозы образуется 2 молекулы АТФ. Синтез АТФ происходит при окислении глюкозы в цикле Кребса, но этот процесс ограничен недостатком кислорода в работающей мышце.

Виды мышечных сокращений. Изометрические сокра-

щения, при которых длина мышечных волокон остается постоянной. **Изотонические** (без груза) без изменения напряжения. **Тетанические** (зубчатый и гладкий тетанус).

Тонус мышц - состояние незначительного напряжения, возникающего под действием импульсов, поступающих из ЦНС.

Сила мышц зависит: 1. От числа мышечных волокон (одиночное мышечное волокно может развить напряжение до 200 мг). 2. От частоты раздражителя. 3. От исходной длины мышцы. 4. Количества АТФ. 5. Концентрации внутриклеточных катионов (ионов Ca^{++}).

При изотоническом сокращении сила определяется массой максимального груза, который мышца может поднять (**динамическая сила**). При изометрическом сокращении сила определяется максимальным напряжением, которое может развить мышца (**статическая сила**). Для сравнения силы различных мышц определяют **относительную** силу, т.е. максимальный груз, который мышца может поднять, делят на площадь **анатомического** поперечника (перпендикулярно длине мышцы) или **абсолютную** силу - на площадь **физиологического** поперечника (перпендикулярно волокнам). При тренировке увеличивается масса и диаметр мышцы в поперечнике за счет увеличения количества саркоплазмы (т.е. рабочая гипертрофия). Увеличивается количество белков, гликогена, АТФ, креатинфосфата, диаметра каждого мышечного волокна и накопление в миофибриллах Ca^{++} . Возрастает сила и скорость сокращения.

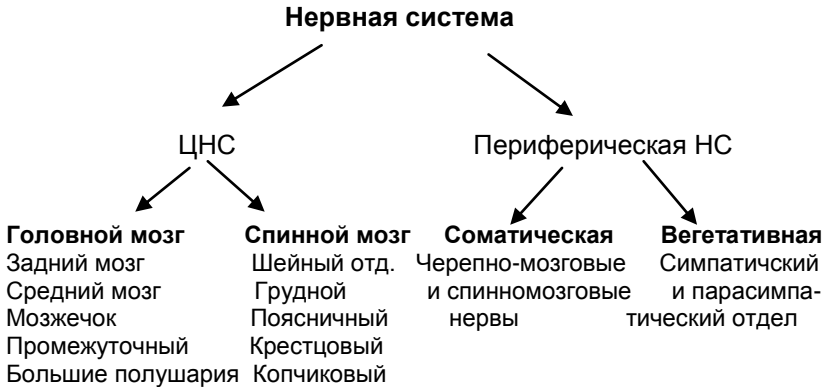
Работа мышц определяется произведением поднятого груза на величину укорочения мышцы. Наибольшую работу мышца совершает при средних нагрузках.

Утомление частичное или полное прекращение работоспособности. Причины утомления - истощение энергетических ресурсов, накопление конечных продуктов обмена и снижение чувствительности постсинаптической мембраны к действию медиатора. Нарушается деятельность натрий калиевого насоса и как следствие нарушается возбудимость и проводимость. Снижается лабильность.

Тема. Нервная система

Вопросы: Общая характеристика нервной системы. Функции ЦНС. Строение, функции и классификация нейронов. Рефлекс и рефлекторная дуга. Особенности межнейронных синапсов. Нервные центры и их свойства. Строение и функции спин-

ного мозга. Функции заднего мозга (продолговатый мозг и варолиев мост). Функции среднего мозга. Строение и функции мозжечка. Строение и функции промежуточного мозга. Ретикулярной формации ствола мозга. Базальные ядра. Лимбическая система. Вегетативная нервная система. Трофическая функция нервной системы. Тройное влияние нервной системы на органы по И.П. Павлову. Кора больших полушарий. Доли и зоны коры.



Функции ЦНС: Регуляция, координация и интеграция всех органов и систем организма. В результате чего организм представляет собой единое функциональное целое.

Взаимосвязь организма с окружающей средой (через анализаторы). Анализ информации из внешней и внутренней среды и формирование приспособительных (адаптивных) реакций.

Проявление психической деятельности, сознание, эмоций, сложных форм поведения, памяти, обучения.

Нервная система состоит из нервных клеток - **нейронов** и клеток **нейроглии** (гр. *glia* клей), заполняющими все пространство между нейронами и являющихся элементами **гематоэнцефалического барьера**. Объем глии составляет 50 % объема ЦНС. Нейроглия выполняет опорную, трофическую, секреторную, разграничительную и защитную функции.

Между нейронами и клетками глии расположены щели, заполненные интерстициальной жидкостью. Количество нейронов у животных достигает 50 млрд. Клеток глии больше в 8-10 раз.

Нейрон состоит из тела от 3 до 130 мкм (с крупным ядром), многочисленных коротких отростков - дендритов и одного длинного отростка - аксона.

Аксон (гр. axon ось) дает несколько отростков (до 150) - коллатералей (лат. collateralis боковой) дополнительных ветвей). Длина аксона достигает у жирафа до 3 метров, а у гигантского кальмара до 8 метров.

Дендрит (гр. dendron дерево) не имеют миелиновой оболочки, делятся дихотомически.

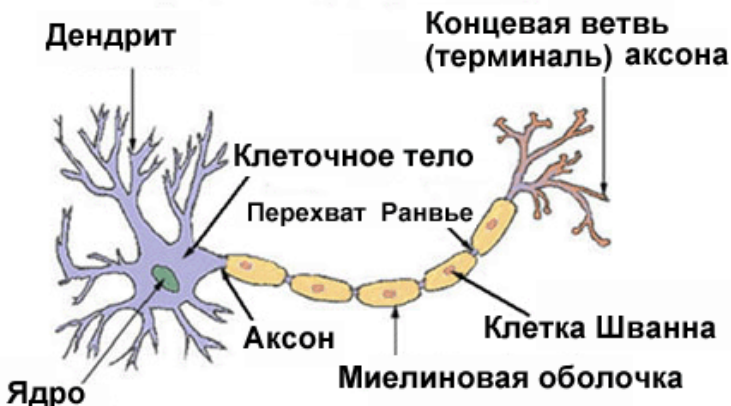


Рис.15. Нейрон

Функции нейронов:

1. Восприятие и переработка информации.
2. Хранение и передача нервных импульсов

Функции нейроглии:

1. Опорная (поддерживает нервные клетки).
2. Защитная (от механических повреждений).
3. Трофическая (питательные вещества и кислород).
4. Участие в механизме памяти.
5. Секреторная
6. Разграничительная (изолирующая - препятствует переходу нервных импульсов с тела одного нейрона на тело другого).

Типы нейронов (по строению) **безаксонные**, **униполярные** нейроны, **псевдоуниполярные** нейроны, **биполярные** нейроны и **мультиполярные** (много дендритных стволов, обычно эфферентные).

1. **Униполярные** нейроны (лат. **uni** от unus один) - с одним отростком. В сенсорном ядре тройничного нерва в среднем мозге;
2. **Биполярные** (лат. **bi** дву(х) от bis дважды) - с двумя от-

ростками. расположенные в специализированных сенсорных органах сетчатке глаза, обонятельном эпителии и луковице, слуховом и вестибулярном ганглиях;

3. **Мультиполярные** (лат. **multi** от *multus* многие, множественные) - с большим количеством отростков. Имеют один аксон и несколько дендритов), преобладающие в ЦНС.

4. **Псевдоуниполярные** нейроны - от тела отходит один отросток, который сразу же Т-образно делится. Расположены в спинальных ганглиях.

5. **Безаксонные** нейроны - небольшие клетки, сгруппированы вблизи спинного мозга в межпозвоночных ганглиях, не имеющие анатомических признаков разделения отростков на дендриты и аксоны. Все отростки у клетки очень похожи. Функциональное назначение слабо изучено.

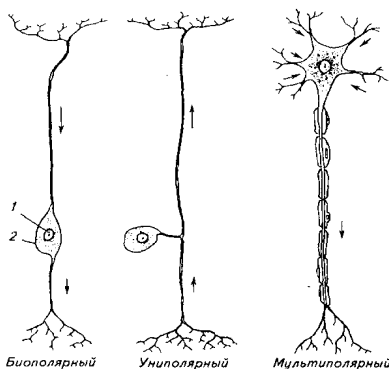


Рис. 16. Типы нейронов

По функции нейроны подразделяются:

1. **Чувствительные** (сенсорные, афферентные, рецепторные). Тела этих нейронов расположены вне ЦНС и находятся в спинномозговых или черепно-мозговых ганглиях. Чувствительные нейроны имеют один длинный дендрит и один короткий аксон. Афферентные нейроны псевдоуниполярные (оба отростка выходят из одного полюса).

2. **Вставочные** (контактные, промежуточные). Самая многочисленная группа. Они бывают возбуждающие и тормозящие. Более мелкие.

3. **Двигательные** (эффекторные, эфферентные, мото-

нейроны). Они передают возбуждение из ЦНС к рабочим органам. Длинные аксоны расположены в вентральных рогах спинного мозга, а так же в продолговатом и среднем отделах головного мозга.

4. **Секреторные** нейроны - нейроны, секретирующие высокоактивные вещества (нейрогормоны). У них хорошо развит комплекс Гольджи, аксон заканчивается аксовазальными синапсами.

Деятельность нервной системы осуществляется через рефлексy.

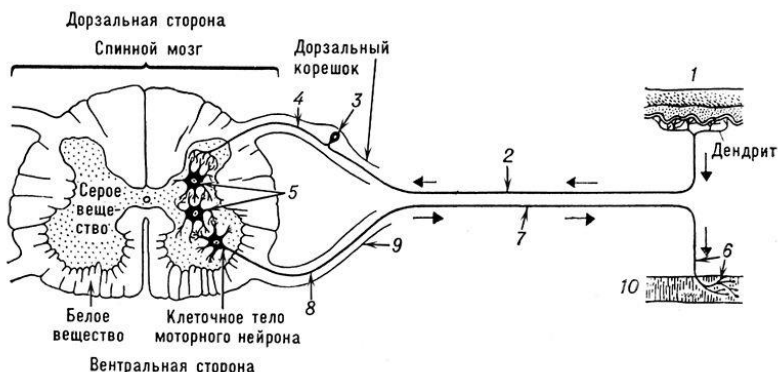


Рис. 17. Рефлекторная дуга

Рефлекс - ответная реакция организма на внешнее или внутреннее раздражение, осуществляемое при участии центральной нервной системы. Материальной основой рефлекса является рефлекторная дуга.

Рефлекторная дуга - путь, по которому проходит нервный импульс от рецептора до исполнительного органа (эффектора).

Нервный импульс от рецептора (1) передается по чувствительному (афферентному) нейрону (2) в спинной мозг. Афферентный нейрон (3) расположен в спинальном ганглии вне спинного мозга. Аксон (4) чувствительного нейрона в сером веществе мозга связан посредством синапсов с одним или несколькими вставочными нейронами (5), которые, в свою очередь, связаны с дендритами (6) моторного (эфферентного) нейрона (7). Аксон (8) последнего передает сигнал от вентрального корешка (9) на эффектор (10) (мышцу или железу).

Рецептор (лат. *receptor* принимающий, от *recipio* при-

маю, получаю) - высокоспециализированное окончание нервной клетки, воспринимающее то или иное раздражение и трансформирующее энергию раздражения в нервные импульсы.

Различают: **Механо-**, **хемо-**, **фоно-**, **термо-**, **фото-**, **осмо- и проп-риорецепторы** (суставы, скелетные мышцы, сухожилия) Ноцирецепторы - болевые рецепторы (лат. nocens болевой).

Рецепторы, находящиеся на поверхности тела или вблизи называются **экстерорецепторы**, а рецепторы воспринимающие раздражение из внутренней среды организма и внутренних органов - **интерорецепторы**.

Классификация рефлексов:

1. По биологическому значению (пищевые, оборонительные, половые и т.д.).

2. По расположению рецепторов (экстерорецептивные и интерорецептивные).

3. По расположению центральных структур (спинномозговые, бульбарные, мезэнцефальные, диэнцефальные, кортикальные).

4. По характеру ответной реакции (двигательные, секреторные, сосудистые).

5. По происхождению (условные и безусловные).

Нейроны контактируют между собой посредством различного типа синапсов. Количество синапсов во много раз превышает количество нейронов. На одном нейроне может быть от нескольких сот до нескольких тысяч синапсов.

Синапсы бывают химические, электрические и смешанные.

1. **Химические синапсы** – передача возбуждения происходит посредством медиаторов.

2. **Электрические синапсы** клетки соединяются высокопроницаемыми контактами с помощью особых коннексонов (каждый коннексон состоит из шести белковых субъединиц). Расстояние между мембранами клетки в электрическом синапсе 3,5 нм (обычное межклеточное 20 нм)

3. **Смешанные синапсы**: Пресинаптический потенциал действия создает ток, который деполяризует постсинаптическую мембрану типичного химического синапса, где пре- и постсинаптические мембраны неплотно прилегают друг к другу. Таким образом, в этих синапсах химическая передача служит необходимым усиливающим механизмом.

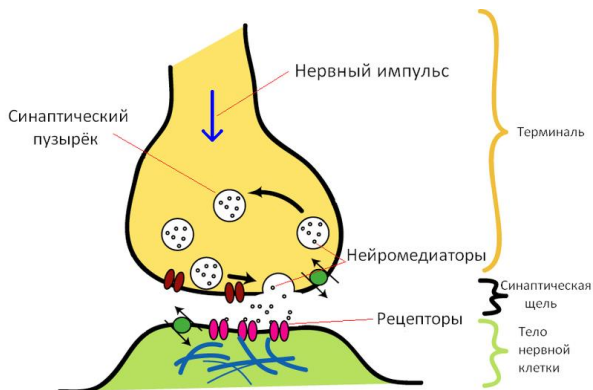


Рис. 18. Синапс

В ЦНС (центральные) синапсы бывают:

1. Аксо-дендритические - с дендритами;
2. Аксо-соматические - с телами нейронов;
3. Аксо-аксональные - между аксонами;
4. Дендро-дендритические - между дендритами.

В зависимости от медиатора синапсы разделяются:

1. Аминергические, содержащие биогенные амины (например, серотонин, дофамин) в том числе адренергические, содержащие адреналин или норадреналин;
2. Холинергические, содержащие ацетилхолин;
3. Пуринергические, содержащие пурины;
4. Пептидергические, содержащие пептиды.

По действию:

1. **Возбуждающие** синапсы имеют широкую синаптическую щель, а тормозные узкую. В них вырабатываются возбуждающие медиаторы (**ацетилхолин, норадреналин, дофамин**).

2. **Тормозные** синапсы бывают двух видов: 1) синапс, в пресинаптических окончаниях которого выделяется медиатор, гиперполяризующий постсинаптическую мембрану и вызывающий возникновение тормозного постсинаптического потенциала; 2) аксо-аксональный синапс, обеспечивающий пресинаптическое торможение. Синапс холинергический синапс, медиатором в котором является ацетилхолин.

У **тормозных** синапсов более плотная постсинаптическая мембрана, содержат меньше пузырьков с медиатором. Тормозные медиаторы (**γ-аминомасляная кислота, глицин** и др.) вы-

зывают гиперполяризацию мембраны (а не деполяризацию) в результате чего она теряет возбудимость.

Особенности межнейронных синапсов:

1. В ЦНС существуют химические, электрические и смешанные синапсы.

2. ПД (ВПСП) возникает в постсинаптической мембране лишь при одновременном разряде нескольких синапсов (синаптических бляшек) или при повторных разрядах в одном синапсе. Это связано с тем, что ПД очень слабый (1-2 мВ).

3. Существуют возбуждающие и тормозные синапсы.

Нервный центр – совокупность нейронов в ЦНС, участвующих в регуляции какой либо функции (дыхательный, сердечнососудистый, пищеварительный, репродуктивный и др.).

Нейроны, участвующие в регуляции той или иной функции располагаются в различных отделах ЦНС.

Например, нейроны дыхательного центра расположены в спинном, продолговатом мозге, варолиевом мосту, коре больших полушарий.

Свойства нервных центров

1. Одностороннее проведение возбуждения. От афферентного нейрона на эфферентный.

2. Задержка проведения возбуждения (1-2 мс).

3. Иррадиация - способность возбуждения разливаться широкой волной по ЦНС с одного центра на другой.

4. Конвергенция - схождение импульсов поступающих по разным афферентным нейронам к одному эфферентному (количество афферентных нейронов в 4-5 раз больше, чем эфферентных).

5. Дивергенция - расхождение импульсов (коллатерали аксонов).

6. Циркуляция нервных импульсов по замкнутым цепям (способствует длительному поддержанию возбуждения).

7. Инертность - способность длительно сохранять следы возбуждения.

8. Суммация - способность суммировать слабые и редкие до пороговые импульсы.

9. Облегчение - повышение возбудимости даже после самого слабого раздражения.

10. Пластичность - способность изменять свои функции.

11. Доминанта - временное стойкое возбуждение нервного центра. Нервный центр занимает господствующее положение и может усиливать и накапливать в себе возбуждение даже за

счет импульсов адресованных другим центрам и подавлять их деятельность.

12. Высокий уровень обмена веществ.

13. Тонус - состояние незначительного постоянного возбуждения.

14. Трансформация - изменение силы и ритма и продолжительности импульсов. При пониженной возбудимости происходит урежение ритма и силы импульсов, а при повышенной учащение ритма и усиление импульсов.

15. Торможение. Играет важную роль в координации движения.

Торможение - активный процесс, вызываемый возбуждением нейронов, в результате которого происходит задержка проведения нервного импульса.

Явление торможения впервые обнаружили немецкие ученые братья Вебер в 40 годах XIX века. Они отмечали, что при раздражении блуждающего нерва происходит снижение частоты и силы сокращений сердца, вплоть до полной его остановки.

В 1862 г И.М.Сеченов наблюдал торможение спинномозговых рефлексов у лягушки при раздражении зрительных бугров кристалликами соли. При возбуждении этого центра происходит торможение двигательных центров спинного мозга.

В 1870 г немецкий физиолог Ф. Гольц наблюдал торможение одергивания лапки при одновременном сильном сжатии пинцетом второй лапки.

В 1901 году Н.Е.Введенский установил, что природа возбуждения и торможения едина.

В ЦНС различают 2 вида торможения – первичное и вторичное.



Пресинаптическое Постсинаптическое Пессимальное Парабиотическое

Первичное - с участием специальных тормозных нейронов. В головном мозге это клетки Реншоу и клетки Пуркинью, в мозжечке грушевидные нейроны.

Вторичное - без участия специальных тормозных нейронов (т.е. в тех же самых нейронах).

Пресинаптическое торможение способствует прекращению выделения медиатора из пресинаптической мембраны. **Пресинаптическое торможение** разворачивается в **аксоаксональных** синапсах, блокируя распространение возбуждения по аксону. Пресинаптическое торможение часто выявляется в структурах мозгового ствола, в спинном мозге.

Постсинаптическое торможение возникает на постсинаптической мембране тормозного синапса. **Постсинаптическое торможение** основной вид торможения, развивающийся в постсинаптической мембране **аксосоматических** и **аксодендритических** синапсов под влиянием активации тормозных нейронов, в концевых разветвлениях аксонных отростков освобождается и поступает в синаптическую щель тормозной медиатор. Наиболее распространенным тормозным медиатором является гамма-аминомасляная кислота (ГАМК). Химическое действие ГАМК вызывает в постсинаптической мембране эффект гиперполяризации в виде тормозных постсинаптических потенциалов (ТПСП), что приводит к урежению или полному прекращению ПД. Действие тормозных медиаторов на постсинаптическую мембрану вызывает усиление выхода ионов калия из клетки и увеличение поляризации мембраны.

Пессимальное торможение (запредельное, охранительное) - происходит при поступлении очень частых и сильных импульсов, которые превышают функциональные возможности нейронов.

Парабиотическое торможение возникает при травматическом шоке.

Торможения в нервной системе оберегает нейроны от чрезмерного возбуждения и подавляет избыточную информацию.

Спинной мозг (лат. medulla spinalis) самый древний отдел ЦНС.

Соотношение между спинным и головным мозгом у позвоночных следующее: Рыб 1:0,3; земноводных 1: 0,8; пресмыкающихся 1:1; птиц 1:1,6; собак 1:5; человека 1:45. У человека спинной мозг по отношению к головному мозгу составляет всего 2% (у кошек 25%).

У низших позвоночных животных самостоятельность спинного мозга четко выражена, а у высших позвоночных его деятельность в большой степени подчинена центрам головного мозга.

Спинной мозг расположен в **позвоночном канале** и пред-

ставляет собой цилиндрический тяж (длиной у человека 40-45 см, диаметром 1 - 1,5 см и массой 35 г), сплюснутый в дорсо-вентральном направлении, более толстый в начале.

Внутри спинного мозга имеется полость, называемая **центральным каналом**, который заполнен спинномозговой жидкостью (**ликвор** лат. liquor жидкость; синоним цереброспинальная жидкость). Спинной мозг защищён **мягкой, паутинной и твёрдой** оболочками.

Пространство между твёрдой оболочкой и костью позвонков называется **эпидуральным** и заполнено жиром и венозной сетью.

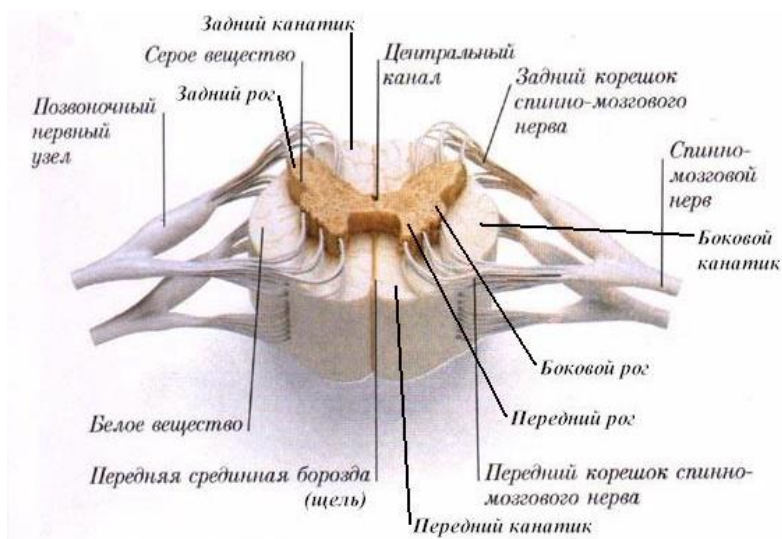


Рис. 19. Спинной мозг

Имеет 5 отделов и 2 утолщения (**шейное** и **пояснично-крестцовое**, откуда берут начало нервы, иннервирующие конечности).

На всем протяжении от спинного мозга отходят **спинно-мозговые** нервы, которые образуются в результате слияния дорсальных и вентральных корешков.

Дорсальные корешки имеют утолщения (спинномозговые ганглии), в которых расположены тела чувствительных нейронов.

В центре расположено серое вещество – тела нейронов, а

снаружи – белое (миелинизированные аксоны, нейроглия, а также кровеносных сосудов, окружённых незначительным количеством соединительной ткани).

Физиологическое значение ликвора:

1. **Механическая** защита мозга;
2. **Экскреторная** - удаление продуктов метаболизма нервных клеток;
3. **Транспортная** - транспорт различные вещества, в том числе кислорода, гормонов и др. биологически активные веществ;
4. **Гомеостатическая** - поддержание определенной концентрации катионов, анионов и рН, что обеспечивает нормальную возбудимость нейронов;
5. **Иммунологический барьер.**

Функции спинного мозга:

1. Регуляция **сокращений скелетной мускулатуры** (сокращения мышц головы, шеи, туловища, конечностей) - локомоторные центры.
2. Регуляция работы **дыхательных мышц** (диафрагмальный нерв, расположен в шейном отделе на уровне 3-5 позвонка; передние ветви грудных спинномозговых нервов иннервирующие межреберные мышцы)
3. Регуляция работы **внутренних органов**. Регуляция работы сердца, кровяного давления (центры симпатической нервной системы, расположенные в грудопоясничном отделе спинного мозга).
4. Регуляция **дефекации и мочеполовых рефлексов** (в крестцовом отделе расположены центры парасимпатической нервной системы).

Чистых рефлексов спинного мозга нет, так как они испытывают влияние высших отделов ЦНС.

Проводниковая функция осуществляется белым веществом, состоящим из нервных волокон образующих восходящие и нисходящие пути.

Задний мозг состоит из **продолговатого** мозга и **варолиева** моста.

Продолговатый мозг, варолиев мост и средний мозг составляют ствол мозга. В стволе мозга нет четкого разграничения серого и белого вещества.

Продолговатый мозг состоит из белого и серого вещества. Серое вещество продолговатого мозга образует ядра

(скопления нейронов). Здесь расположены **ядра 6 пар черепно-мозговых нервов (VI–XII пары), ретикулярная формация и ядра двигательных путей (ядро Дейтерса).**

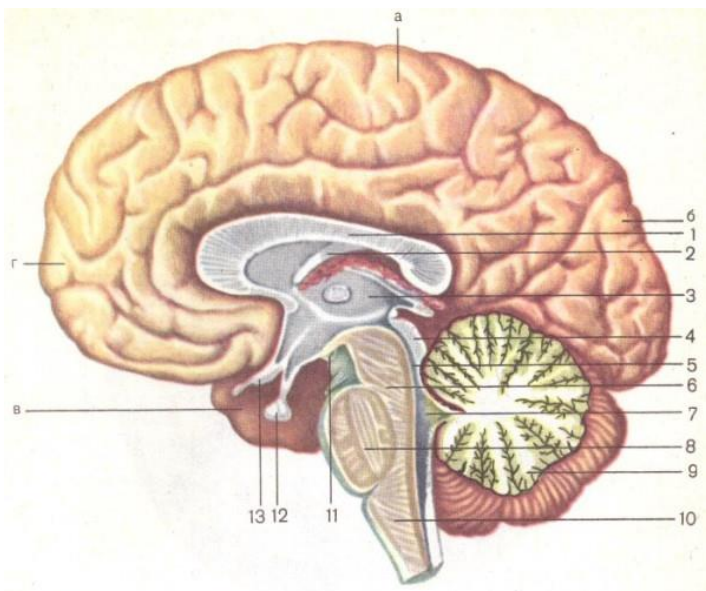


Рис. 20. Сагиттальный разрез головного мозга

В продолговатом мозге расположены жизненно важные центры: дыхательный; сердечнососудистый; пищеварительный (сосание, жевание, глотание, секреция пищеварительных соков, моторика желудочно-кишечного тракта); защитных рефлексов (мигание, слезоотделение, рвоты, кашля, чихания и др.).

Ядро Дейтерса повышает мышечный тонус разгибателей, за счет чего преодолевается сила притяжения и тело сохраняет равновесие.

Продолговатый мозг участвует в осуществлении статических рефлексов - рефлексы позы (стояние, лежание, сидение).

Варолиев мост связывает выше и ниже лежащие отделы ЦНС между собой и с мозжечком. В нем расположены ядра **V пары черепно-мозговых нервов, ретикулярная формация.** Чувствительные волокна черепно-мозговых нервов проводят импульсы от вкусовых рецепторов языка, рецепторов кожи, мышц головы, глаз и зубов.

Двигательные волокна регулируют мимическую мускулатуру.

В нем расположен центр **пневмотаксиса** (гр. pneimon дупление, ветер), участвующий в регуляции дыхания (координирует работу центра вдоха и центра выдоха).

Средний мозг состоит из **четверохолмия**, **ножек мозга** и **силвиева водопровода**, соединяющего 3 и 4 мозговой желудочки. Четверохолмие образовано 4 буграми (2 передних и 2 задних). Передние бугры являются подкорковыми центрами зрения, а задние – подкорковыми центрами слуха (**первичные зрительные и слуховые центры**). При их участии осуществляются зрительные и слуховые ориентировочные рефлексы (поворот головы в сторону световых или звуковых раздражителей).

Ножка состоит из **покрышки**, **черной субстанции** и **основания**. В покрышке расположено **красное ядро**; ядра **глазодвигательного нерва (III - пара)** иннервирует гладкую мускулатуру (парасимпатические волокна) глаз - ресничную мышцу и сфинктер зрачка; ядра **блокового нерва (IV - пара)** иннервирует косую мышцу глаз.

Красное ядро (скопление серого вещества) оказывает постоянное тормозящее влияние на ядро Дейтерса. Участвует в осуществлении статических, установочных и статокINETических рефлексов. При перерезке головного мозга на уровне и продолговатого и среднего мозга развивается **децеребральная ригидность**, т.к. прекращается тормозящее влияние красного ядра среднего мозга на ядро Дейтерса. Происходит резкое усиление тонуса разгибателей. Конечности при этом сильно выпрямляются, голова запрокидывается назад, хвост вытягивается вдоль тела.

Черная субстанция образована интенсивно окрашенными нервными клетками, которые участвуют в регуляции движения. Регулирует пластический тонус.

Основание ножки образовано волокнами нисходящих и восходящих трактов.

Мозжечок состоит 2 полушарий, соединенных между собой (при помощи червячка). На поверхности расположено серое вещество (кора), внутри белое, в котором имеются ядра. При помощи 3 пар ножек связан со средним мозгом, варолиевым мостом и продолговатым мозгом.

Мозжечок участвует в регуляции мышечного тонуса, координации движений (согласованная работа мышц), сохранении позы и равновесия.

После удаления мозжечка голубь не способен ходить и

летать, не может клевать зерно, появляются судороги.

После удаления мозжечка у собак нарушается мышечный тонус (**атония**), нарушается координация движения, нарушается равновесие (животное не может стоять неподвижно), отмечается избыточная двигательная активность (**атаксия**) наступает быстрое утомление (**астения**), животное не может долго стоять и ходить совершает много лишних движений и быстро устает.

Мозжечок помогает коре при выполнении сложно координированных двигательных актов.

Мозжечок участвует в регуляции вегетативных функций.

После удаления мозжечка нарушается питание мышц и наступает их атрофия. Раздражение мозжечка вызывает расширение зрачка, повышение артериального давления, учащение пульса, восстановление работоспособности утомленных мышц.

Промежуточный мозг состоит из зрительных бугров (таламуса), подбугорной области (гипоталамуса) и надбугорья (эпиталамуса).

Таламус (зрительные бугры) самая большая часть промежуточного мозга служит своеобразными воротами, через которые поступает в кору больших полушарий все афферентные сигналы (кроме обонятельных).

В нем осуществляется первичный анализ и синтез сенсорных импульсов, которые приобретают эмоциональную окраску (приятные, неприятные). Таламус участвует в регуляции пластического мышечного тонуса (способность менять напряжение).

Гипоталамус (подбугорье) расположен у основания мозга под зрительными буграми и имеет небольшие размеры.

Гипоталамус участвует в регуляции вегетативных функций, регулирует работу гипофиза, а следовательно всех эндокринных желез.

В гипоталамусе расположены центры регуляции обмена веществ (обмен белков, жиров, углеводов, водно-солевого обмена), терморегуляции. После удаления серого бугра гипоталамуса нарушается теплопродукция и теплоотдача, и температура тела не поддерживается на постоянном уровне.

В гипоталамусе расположены центры чувства голода, насыщения и жажды. Раздражение соответствующих центров вызывает усиленное потребление пищи или отказ от корма.

В гипоталамусе расположены центры регуляции лактации, репродуктивных функций.

Гипоталамус имеет огромное значение в проявлении эмо-

ций и поведенческих реакций (агрессия, ярость, страх, удовольствие, оборонительные рефлексy).

Эпиталамус расположен над зрительными буграми. В эпиталамусе находится эпифиз и обонятельный центр.

Ретикулярная формация (лат. reticulum сеточка, formatio образование) диффузное скопление нервных клеток, расположенных в центральных отделах ствола мозга (**продолговатом, среднем мозге и зрительных буграх**). Нервные клетки разнообразные по форме, размерам и ветвлению отростков.

Ретикулярная формация повышает активность нервных центров коры больших полушарий и спинного мозга. По нисходящим путям импульсы поступают к мотонейронам спинного мозга. В результате улучшается работа скелетных мышц и внутренних органов. По восходящим путям импульсы поступают в кору больших полушарий и повышают ее активность.

Разрушение ретикулярной формации или перерезка восходящих путей, вызывает у животных кому и смерть. При частичном разрушении развивается сонливость. Если у спящего животного раздражать ретикулярную формацию, то оно просыпается.

Ретикулярная формация оказывает влияние на проявление эмоций. При разрушении ретикулярной формации в гипоталамусе прирученное животное превращается в дикое.

При раздражении вентрамедиальных ядер гипоталамуса электродами у крысы возникало удовольствие (вплоть до изнеможения).

Ретикулярная формация очень чувствительна к гормонам и фармакологическим веществам (наркотики, спиртное, снотворное и др.).

Передний мозг - самый крупный отдел головного мозга, состоит из двух полушарий, соединенных между собой мозолистым телом.

Серое вещество формирует базальные ядра и кору больших полушарий.

Базальные (подкорковые) ядра – скопление нервных клеток, расположенных в толще белого вещества больших полушарий, между корой и зрительными буграми.

К базальным ядрам относятся: **бледный шар, полосатое тело** (стриатум), **ограда**.

Базальные ядра, совместно с другими структурами головного мозга принимают участие в сложных координированных движениях. Они ответственны за медленные стереотипные (на

автопилоте) движения (ходьба, повороты головы и т.д.). При поражении полосатого тела появляется избыточная двигательная активность (гиперкинез).

Базальные ядра участвуют в проявлении эмоций и врожденных форм поведения (пищевой инстинкт, оборонительный, половой, родительский).

Лимбическая система (лимб - свод, кайма) - функционально связанные между собой образования древней коры, окружающих ствол мозга с внутренней поверхности больших полушарий.

В состав лимбической системы входят: **Гиппокамп, поясная извилина, миндалина, сосцевидное тело**, группа ядер задней области гипоталамуса, **свод, передние ядра зрительных бугров** и др.

Лимбическая система является высшим центром вегетативной нервной системы (висцеральный мозг) участвует в регуляции вегетативных функций. К ней идут афферентные импульсы от всех внутренних органов. Лимбическая система участвует в регуляции сна, бодрствования, поведенческих актах, проявлении эмоций, формировании и хранении памяти.

Вегетативная (vegetativus лат. vegeto расти т.е. относящееся к росту, питанию). Автономная, произвольная, висцеральная нервная система состоит из симпатического и парасимпатического отделов.

Главная функция – регуляция работы внутренних органов, поддержание гомеостаза и осуществление приспособительных реакций организма.

Иннервирует гладкую мускулатуру всех внутренних органов, сердце, железы. Эфферентные пути двух нейронные. Нейроны первого порядка расположены в ЦНС, а нейроны второго порядка в ганглиях.

Симпатический отдел ВНС (гр. sympathies чувствительный, восприимчивый к влиянию). Нейроны первого порядка расположены в боковых рогах грудопоясничного отдела спинного мозга (с I грудного по II-IV поясничный сегмент).

От нейронов I порядка идут миелинизированные, преганглионарные волокна, которые заканчиваются в парных и непарных ганглиях. Парные симпатические ганглии образуют левый и правый пограничные стволы. Непарные ганглии верхний и нижний брыжеечные расположены вблизи внутренних органов.

От ганглиев отходят длинные безмиелиновые постгангли-

онарные волокна, заканчивающиеся в иннервируемых ими органах. Симпатические нервные волокна иннервируют все органы. Медиатором в симпатическом отделе является норадреналин, а в парасимпатическом - ацетилхолин. В симпатическом отделе количество постганглионарных волокон в несколько раз больше, чем преганглионарных (одно волокно контактирует более чем с 30 нейронами). Поэтому возбуждение распространяется диффузно, а в парасимпатической - локально.

Симпатический отдел ВНС обеспечивает адаптацию организма, способствует мобилизацию ресурсов и защитных сил организма при физическом или умственном напряжении в преодолении стрессовых ситуаций.

Под действием симпатического отдела происходит:

1. Перераспределение кровотока (сужение сосудов брюшной полости и расширение коронарных сосудов, сосудов кожи и скелетных мышц).

2. Усиление сердечной деятельности (повышение ЧСС и силы сокращений сердца).

3. Выделение мозговым слоем надпочечников катехоламинов (адреналин, норадреналин), гипофизом адренокортикотропного гормона (АКТГ) под действием которого выделяются гормоны коры надпочечников участвующие в преодолении стресса.

4. Поступление глюкозы в кровь.

5. Усиление процессов катаболизма и повышение основного обмена. Увеличение теплообразования и потоотделения.

6. Активация иммунной системы.

7. Увеличение скорости свертывания крови.

8. Повышение возбудимости ЦНС (расширение зрачков, взъерошенная шерсть).

9. Расширение бронхов и увеличение вентиляции легких.

10. Угнетение деятельности желудочно-кишечного тракта (снижение моторики и секреции пищеварительных соков) угнетает слюноотделение

11. Угнетение деятельности мочеполовой системы.

12. Осуществление трофической функции (регуляция питание тканей).

Парасимпатический отдел ВНС. Нейроны первого порядка расположены в стволе мозга (в среднем и продолговатом отделе головного мозга), а так же в крестцовом отделе спинного мозга. Парасимпатические волокна не иннервируют сосуды ко-

жи, потовые железы, мышцы волос, надпочечники, селезенку, мочеточники, скелетные мышцы.

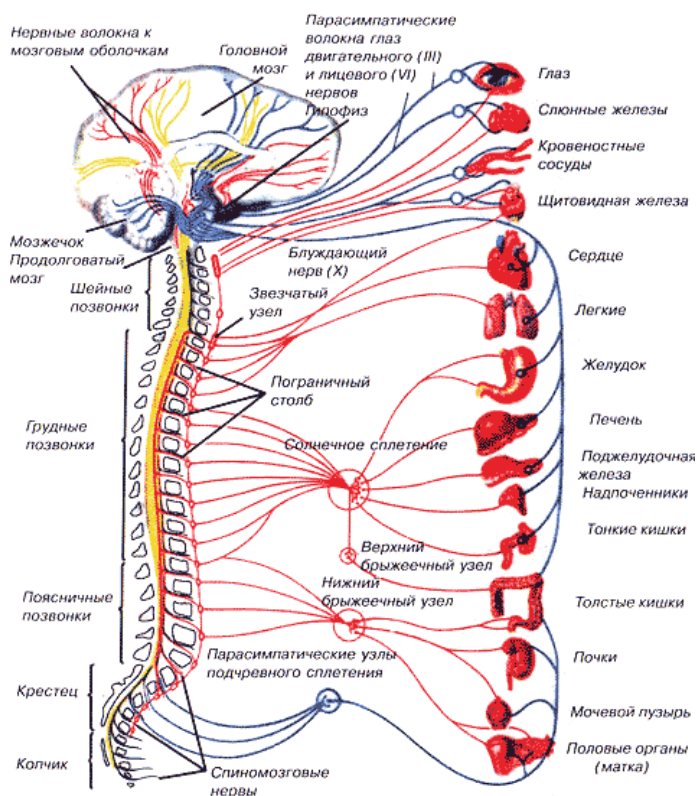


Рис. 21. Схема вегетативной иннервации

Парасимпатические волокна, берущие начало в среднем мозге идут в составе глазодвигательного нерва (III - пара черепно-мозговых нервов). Парасимпатические волокна, берущие начало в продолговатом мозге идут в составе лицевого (VII - пара), языкоглоточного (IX - пара) и блуждающего (X - пара). От крестцового отдела спинного мозга волокна идут в составе тазового нерва.

Парасимпатический отдел обеспечивает накопление ресурсов и поддержание гомеостаза.

Под действием парасимпатического отдела происходит:

1. Снижение частоты и силы сокращений сердца (расширение артерий).
2. Замедление катаболических процессов и усиление анаболических.
3. Усиление деятельности желудочно-кишечного тракта. Усиливает перистальтику кишечника и стимулирует выработку пищеварительных ферментов.
4. Расслабление мышц мочевого пузыря.
5. Сужение бронхов и бронхиолы, что уменьшает вентиляцию легких.
6. Сужение зрачков.

Симпатический и парасимпатический отделы ВНС оказывают на органы противоположное влияние (являются антагонистами), что обеспечивает сложную координированную работу и тонкую регуляцию их деятельности. Высшие центры ВНС расположены в гипоталамусе и лимбической системе.

На деятельность ВНС оказывает влияние и кора больших полушарий, что подтверждается выработкой условных рефлексов на работу внутренних органов.

Трофическая функция нервной системы. Впервые идею о трофической иннервации высказал И.П. Павлов. Идея Павлова получила дальнейшее развитие в работах Л.А. Орбели и его учеников, которые доказали, что трофическую функцию выполняет симпатическая нервная система. Они установили симпатическую иннервацию скелетных мышц. Симпатическая иннервация резко меняет функциональное состояние скелетных мышц, повышает их работоспособность и силу сокращения.

При поражении симпатических нервов происходят трофические расстройства, атрофия, язвы. Трофическая функция присуща и функциональным нервам.

Идея о **тройной иннервации** органов принадлежит И.П. Павлову.

Каждый орган находится под тройным контролем со стороны нервной системы.

1. **Нервно-функциональным** (Моторные, функциональные нервы оказывают пусковое и регулирующее влияние на органы). На скелетные мышцы - соматические нервы. На гладкую мускулатуру и железы - вегетативные нервы.

2. **Нервно-сосудистым** (Вегетативные сосудодвигательные нервы - симпатические и парасимпатические). Регулируют

кровообращение органов и доставку питательных веществ.

3. Трофическим (Симпатические нервы регулируют процессы питания в тканях, уровень обмена веществ).

Большие полушария покрывают средний и промежуточный мозг. Продольной щелью они разделены на левое и правое полушарие и соединены при помощи мозолистого тела. Каждое полушарие разделено на 4 доли: лобную, теменную височную и затылочную. Спереди от больших полушарий выступают обонятельные луковицы. Поверхность больших полушарий образована серым веществом (корой), под корой расположено белое вещество, в толще которого находятся подкорковые ядра.

Кора больших полушарий (cortex cerebri) высший отдел ЦНС (представляет собой серое вещество) толщиной 1,5-4,5 мм. Поверхность полушарий имеет многочисленные углубления и складки, которые значительно увеличивают ее площадь. В коре насчитывается 12-18 млрд. нейронов.

У рыб зачатки больших полушарий (обонятельные доли), коры нет.

Кора появляется только у пресмыкающихся (переход к наземному образу жизни). Многослойное строение имеет только у млекопитающих.

Различают древнюю, старую и новую кору.

Древняя кора представлена обонятельными луковицами.

Старая кора включает в себя поясную извилину, миндалину и гиппокамп. Древняя и старая кора играют важную роль в регуляции вегетативных функций, осуществления инстинктивного поведения, проявлении эмоций.

Новая кора (neocortex) занимает 96 % поверхности больших полушарий, образована 6 слоями клеток разнообразной формы и размеров:

1. Молекулярный.
2. Наружный зернистый (мелкие звездчатые нейроны).
3. Пирамидальный (крупные нейроны).
4. Внутренний зернистый.
5. Ганглионарный (крупные пирамидальные клетки).
6. Полиморфный.

Кора осуществляет высшую нервную деятельность, способствует выработке условных рефлексов, формированию сложных поведенческих актов, у человека обеспечивает психическая деятельность, мышление, речь, память, интеллект.

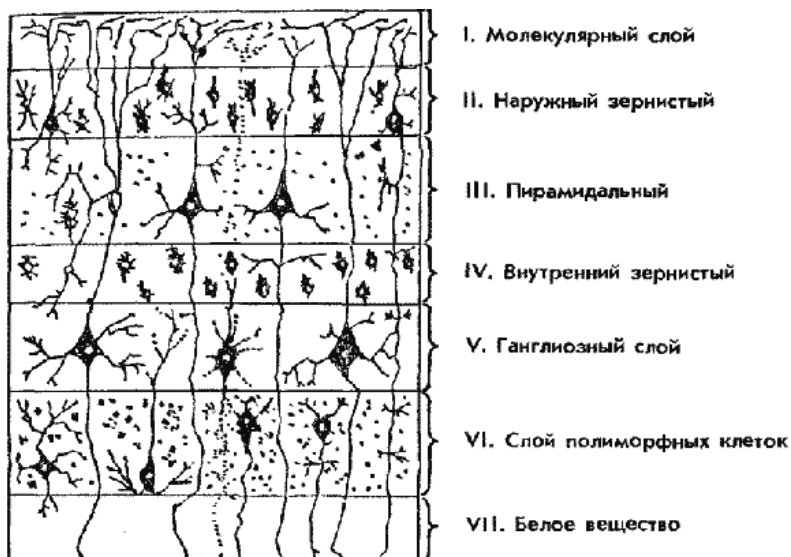


Рис. 22. Кора больших полушарий

Кора осуществляет интеграцию функций организма как единого целого. В коре представлены все высшие центры. В коре больших полушарий различают моторные (двигательные), сенсорные (чувствительные) и ассоциативные зоны (вторичные сенсорные зоны).

Моторная зона представляет собой исполнительные двигательные центры, которые посылают сигналы к скелетным мышцам, противоположной половине тела. В моторную зону поступают и анализируются все импульсы от рецепторов мышц, сухожилий и суставов. Расположена моторная зона в теменной доле.

Сенсорные зоны (чувствительные) это участки коры больших полушарий, где расположены центральные (корковые) отделы анализаторов (зрительного, слухового, тактильного и др.). Они ответственны за соответствующую чувствительность (при нарушении их происходит потеря зрения, слуха и т.д.).

В затылочной доле коры находится зрительная зона.

В височной доле коры расположена слуховая зона.

В теменной доле расположена моторная зона, тактильная зона, зона висцеральной и вкусовой чувствительности и др.

В лобной доле зона обонятельной чувствительности, речи.

Ассоциативные зоны (или вторичные сенсорные) находятся во всех долях. Здесь происходит анализ поступившей информации и формирование образов, хранение долговременной памяти. При разрушении ассоциативной зрительной зоны зрение не исчезает, но человек не понимает смысла увиденного.

Тема: Железы внутренней секреции

Вопросы: Понятие о железах внутренней секреции. Методы изучения желез внутренней секреции. Функции, свойства, классификация и механизм действия гормонов. Гипоталамо-гипофизарная система. Роль гормонов гипофиза. Роль гормонов щитовидной, паращитовидных, поджелудочной железы, надпочечников, половых желез, эпифиза, тимуса. Функции простагландинов. Применение гормонов в животноводстве и ветеринарии.

Железы внутренней секреции или эндокринные железы (гр. endo внутри, krio выделяю) - железы, которые вырабатывают и выделяют биологически активные вещества (гормоны) непосредственно в кровь (во внутреннюю среду организма).

Особенности желез внутренней секреции:

1. Вырабатывают гормоны, обладающие высокой биологической активностью.
2. Нет выводных протоков.
3. Имеют небольшие размеры.
4. Обильное кровоснабжение.
5. Взаимосвязь желез внутренней секреции между собой.
6. Отсутствие других функций кроме синтеза гормонов.

Гормоны (гр. hormao возбуждаю) - биологически активные вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции и участвующие в регуляции функций организма

Функции гормонов:

1. Регуляция всех основных физиологических функций.
2. Поддержание гомеостаза.
3. Обеспечение физиологической адаптации организма.
4. На ранних этапах онтогенеза способствуют физическому, половому и умственному развитию.

Свойства гормонов:

1. Высокая биологическая активность (1г инсулина эффективно снижает уровень глюкозы в крови у 125000 кроликов. 1г адреналина вызывает учащение сокращения сердца у 10 млн. лягушек).

2. Специфичность действия.
3. Дистанционный характер действия.
4. Высокая проницаемость гормонов через эндотелий капилляров и мембран клеток (обусловлена небольшими размерами).
5. Быстро разрушаются ферментами в тканях.
6. Отсутствие у большинства гормонов видовой специфичности (кроме гормонов белковой природы).

Классификация гормонов:

1. **Белково-пептидной природы** (до 100 аминокислот - пептиды > 100 аминокислот - белки) - нейросекреты гипоталамуса, гормоны гипофиза, поджелудочной железы, тимуса, щитовидной железы (тиреокальцитонин), паращитовидных желез, желтого тела (релаксин).

2. **Амины** - гормоны мозгового слоя надпочечников (дофамин, норадреналин, адреналин), щитовидной железы (трийодтиронин, тироксин), эпифиза (серотонин, меланин).

3. **Стероиды** (производные холестерина - ненасыщенный циклический спирт) - гормоны коры надпочечников и половые гормоны.

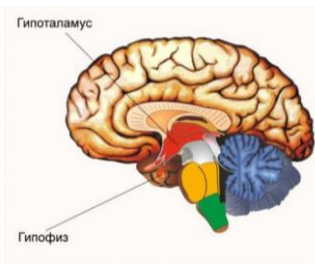


Рис.23. Гипофиз

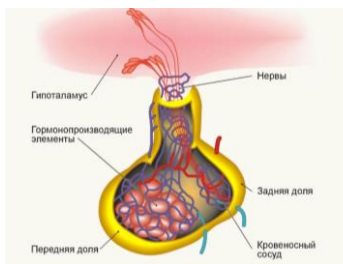


Рис. 24. Гипоталамо-гипофизарная система

Гипофиз - нижний мозговой придаток, расположен у основания мозга в турецком седле клиновидной кости. При помощи ножки гипофиз связан с гипоталамусом в единую морфофункциональную гипоталамо-гипофизарную систему.

Гипофиз состоит из передней, средней и задней долей.

Передняя доля (аденогипофиз) вырабатывает:

1. **Соматотропин** (СТГ, соматотропный гормон или гормон роста) обладает ростовым и метаболическим эффектом. Стимулирует рост костей в длину и синтез белков в печени и периферических тканях. Оказывает влияние на углеводный и жировой

обмен, Способствует повышению уровня глюкозы и жирных кислот в крови. Усиливает обмен жиров, углеводов, Са и Р. Способствует мобилизации глюкозы из гликогена и липидов из жирового депо. Стимулирует окисление жира в печени и образование кетоновых тел. Стимулирует молокообразование.

Гиперфункция гипофиза у молодых организмов приводит к гигантизму (Роберт Уодлоу США рост 2 м 72 см), а у взрослых к акромегалии (непропорциональное развитие периферических костей).

При гипофункции отмечается карликовость (в США карлик 85 см).

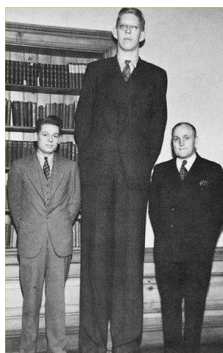


Рис. 25. Гигантизм



Рис. 26. Лилипут



Рис. 27. Карлик

2. **Адренкортикотропный** гормон (АКТГ) регулирует секреторную активность коры надпочечников. Способствует синтезу и выделению в кровь кортикостероидных гормонов. Играет важную роль в преодолении стресса. В отсутствие АКТГ кора надпочечников подвергается атрофии.

3. **Тиреотропный** гормон (ТТГ) стимулирует рост, развитие щитовидной железы, регулирует секрецию ее гормонов. Усиливает поглощение йода из крови и включение его в состав тиреоидных (T_3 и T_4) гормонов.

4. **Пролактин** (лактотропный, ЛТГ) пусковой гормон лактогенеза. Стимулирует развитие молочных желез. Оказывает влияние на белковый, углеводный и жировой обмен.

5. **Фолликулостимулирующий гормон** (ФСГ) стимулирует рост и развитие фолликулов. У самцов обеспечивает развитие семенных канальцев и начальные стадии сперматогенеза.

6. **Лютеинизирующий гормон** (ЛГ) совместно с ФСГ способствует созреванию фолликулов и синтезу эстрогенов. Вызывает овуляцию и образование желтого тела. У самцов оказывает влияние на заключительные стадии сперматогенеза. Усиливает секрецию тестостерона.

Средняя доля вырабатывает:

1. **Меланоцитостимулирующий гормон** (МЦС, интермедин) - оказывает влияние на пигментные клетки (хроматофоры) и вызывает изменение окраски кожи.

Задняя доля (нейрогипофиз) вырабатывает:

1. **Окситоцин** повышает возбудимость гладкомышечных клеток. Во время родов концентрация его в крови резко повышается, что вызывает сокращение гладкой мускулатуры матки (схватки) и изгнание плода. После родов способствует отделению последа (плодных оболочек и пуповины).

Способствует сокращению миоэпителиальных клеток молочных альвеол, что вызывает молокоотдачу.

2. **Вазопрессин** (антидиуретический гормон) стимулирует реабсорбцию воды в извитых канальцах почек, что приводит к снижению диуреза. Тормозит реабсорбцию K^+ , Na^+ и Cl^- в извитых канальцах почек, что способствует повышению концентрации $NaCl$, фосфора и азота в моче. Способствует снижению осмотического давления крови. В больших дозах вызывает сужение артериол и повышение кровяного давления (но расширяет сосуды почек и мозга).

Щитовидная железа (у крупного рогатого скота 25-40 г) расположена в нижней части гортани, позади щитовидного хряща. Состоит из двух долей, соединенных перешейком. Железа разделена на дольки. В каждой дольке имеются железистые фолликулы и скопления парафолликулярных клеток (С-клеток). Полость фолликула заполнена коллоидом, содержащим **тиреоглобулин** из которого образуются йодсодержащие тиреоидные гормоны **трийодтиронин** и **тироксин**.

Трийодтиронин (T_3) и **Тироксин** (T_4) образуются из аминокислоты тирозина. Количество в крови T_4 выше чем T_3 в 4 раза, однако T_3 в 5-10 раз активнее. Активируют окислительно-восстановительные реакции.

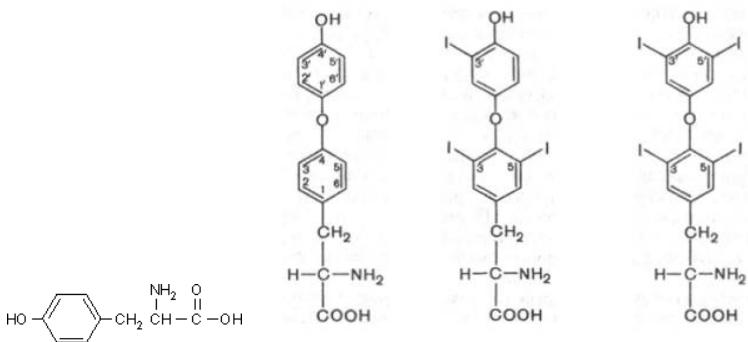


Рис. 28. Тирозин, тиронин, трийодтиронин, тироксин



Рис.29. Гипотиреоз (до и после лечения)

Тиреоидные гормоны обладают метаболическим и ростовым эффектом. В период активного роста обладают выраженным анаболическим действием. Стимулируют рост и развитие организма. Способствуют развитию половых и молочных желез. Оказывают влияние на рост костной ткани, развитие кожи и ее производных (перьев, волос). При гипофункции волосы становятся ломкими и выпадают. Способствуют регенерации тканей (заживление ран, образование грануляционной ткани дна раны и образования эпителия).

У взрослых особей усиливают катаболические процессы. Обладают калоригенным действием (способствуют теплообразованию). Стимулируют молокообразование.

При алиментарной (пищевой) недостаточности йода возникает заболевание - эндемический зоб. При этом происходит увеличение железы, а количество гормонов снижается - развивается гипотиреоз. Снижается основной обмен, увеличивается масса тела за счет жира и тканевой жидкости. Нарушается обмен белков, происходит утолщение кожи за счет разрастания соединительной ткани.



Рис. 30. Больные кретинизмом

У человека отмечаются медлительность мышления, речи, ослабление памяти и умственных способностей. Появляется апатия, одутловатость лица, нарушение половых функций, слабость, головная боль, сухость кожи, отсутствие аппетита, снижение работоспособности, сонливость, усталость. Отмечается брадикардия, низкое артериальное давление, плохая переносимость холода, боли в суставах (артралгии) и мышцах (миалгия), судороги в ногах.

Недостаточность функции щитовидной железы в детском возрасте приводит к заболеванию - кретинизм. При этом происходит задержка роста, нарушение пропорций тела, полового развития, психики.

При гиперфункции щитовидной железы наступает гипертиреоз (тиреотоксикоз) - диффузный токсический зоб (синонимы: болезнь Грейвса, Базедова болезнь). При этом отмечается повышение основного обмена и температуры тела, чувство жара,

учащенное дыхание, тахикардия, аритмия, чрезвычайная раздражительность, беспокойство, бессонница, пучеглазие, повышенная двигательная активность, суетливость, тремор, слабость и утомляемость, головная боль, повышение аппетита и похудение, отёки на ногах, диарея.

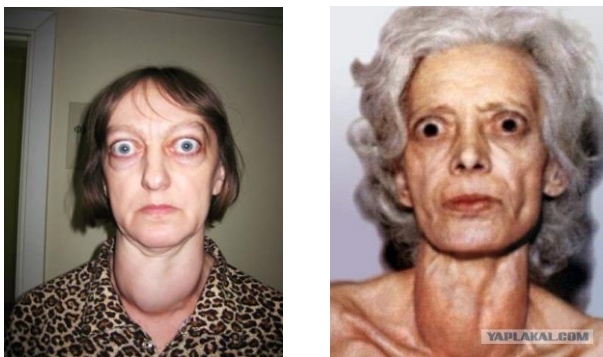


Рис. 31. Диффузный токсический зоб (болезнь Грейвса)

Кальцитонин (тиреокальцитонин) синтезируется в парафолликулярными клетками (С-клетки). Регулирует фосфорно-кальциевый обмен. Тормозит деятельность остеокластов и активизирует остеобласты, что способствует отложению кальция в костной ткани. Способствует снижению уровня кальция (гипокальциемия) и фосфора в крови.

Парашитовидные железы представлены в виде двух пар желез округлой формы, расположенных на щитовидной железе (снаружи или внутри или рядом с ней).

Паратгормон (паратиреоидный гормон) регулирует фосфорно-кальциевый обмен. Способствует увеличению уровня кальция и снижению уровня фосфора в крови. Повышает активность остеоцитов и остеокластов что приводит к резорбции кости. Увеличивает реабсорбцию кальция в почечных клубочках и снижает реабсорбцию фосфора. Усиливает всасывание кальция в кишечнике.

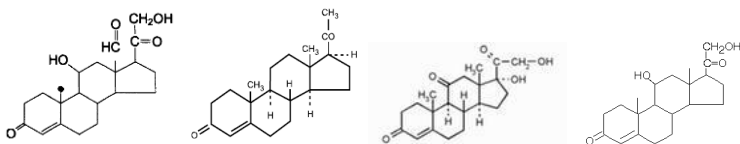
Поджелудочная железа расположена в изгибе двенадцатиперстной кишки. Эндокринную функцию выполняют островки Лангерганса.

Глюкагон вырабатывается α клетками. Является антагонистом инсулина. Способствует повышению уровню глюкозы в крови. Стимулирует глюконеогенез (синтез глюкозы) и гликогенолиз (расщепление гликогена в печени). Способствует мобилизации жира из жирового депо. Усиливает окисление жирных кислот с образованием большого количества кетоновых тел.

Надпочечники - парные образования, расположенные над почками, окружены плотной соединительной капсулой и состоят из двух слоев: коркового и мозгового. Корковый слой состоит из клубочковой, пучковой и сетчатой зон, вырабатывающих кортикостероидные гормоны (минералокортикоиды, глюкокортикоиды и половые гормоны). Мозговой слой состоит из хромоаффинных клеток и вырабатывает катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин).

Корковый слой вырабатывает минералокортикоиды, глюкокортикоиды и половые гормоны

Минералокортикоиды: Основным минералокортикоидом является **альдостерон**. Регулирует водно-солевой обмен. Антагонист вазопрессина. Повышает диурез, увеличивает реабсорбцию натрия в почечных канальцах и стимулирует выделение с мочой калия. Способствует повышению осмотического давления крови. Участвует в регуляции кислотно-щелочного равновесия.



Альдостерон

Кортизол

Кортизон

Кортикостерон

Рис. 34. Гормоны коры надпочечников

Глюкокортикоиды: Кортизол (гидрокортизон), **кортизон**, **кортикостерон** стимулируют глюконеогенез (образование глюкозы из не углеводных предшественников - молочной и пировиноградной кислоты, глицерина, аминокислот и др.). Тормозят синтез белка в мышцах. Стимулируют мобилизацию жира из жирового депо и процессы липолиза. Повышают устойчивость и сопротивляемость организма к действию неблагоприятных факторов. Оказывают противовоспалительное и противоаллергическое, действие. Выделяются в кровь под действием АКТГ при

стрессовых состояниях организма (обеспечивают общий адаптационный синдром).

Половые гормоны: **Андрогены, эстрогены и прогестерон** играют важную роль в развитии половых органов в раннем возрасте, а также в старости. Вырабатываются у особой обоего пола в небольших количествах. Опухоли коры надпочечников у женщин вызывают вирильный синдром (развитие вторичных мужских половых признаков - мужеподобный вид, усы, борода).



Рис. 35. Вирильный синдром

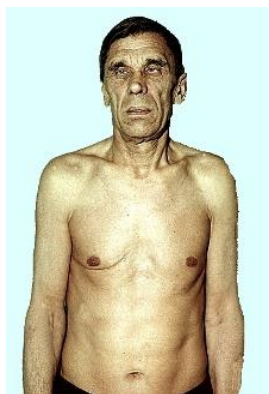


Рис. 36. Аддисонова болезнь (бронзовая пигментация кожи)

Гипофункция коры надпочечников вызывает болезнь Аддисона (бронзовая болезнь) - повышенная пигментация кожи, астения (физическая слабость), ацидоз, истощение, повышенную чувствительность к холоду и инфекциям, почечную недостаточность, гипертрофию лимфоидной ткани, психические отклонения.

Гипертрофия коры надпочечников приводит к усиленному расщеплению белков, повышенному выделению азота с мочой и дистрофии.

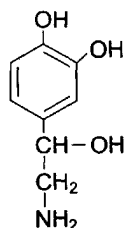
Происходит инволюция лимфоидной ткани, уменьшается количество лимфоцитов. Наблюдается глюкозурия (синдром Иценко-Кушинга). Отмечаются ожирение с избыточным отложением жира, на коже образуются кровоподтеки (появляются полосы растяжения - стрии).



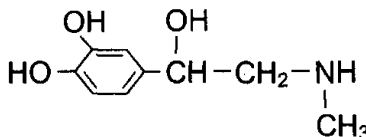
Рис. 37. Синдром Иценко-Кушинга

Мозговой слой надпочечников вырабатывает катехоламины.

Катехоламины (биогенные амины - производные аминокислоты тирозина) **дофамин, норадреналин, адреналин**. Выделяются в кровь под влиянием симпатической нервной системы.



норадреналин



адреналин

Рис. 38. Гормоны мозгового слоя надпочечников (катехоламины)

Обеспечивают экстренную перестройку функций направленную на повышение работоспособности организма в чрезвычайных условиях.

Усиливают окислительные процессы (распад гликогена и жиров, окисление жирных кислот).

Повышают возбудимость ЦНС. Формируется реакцию тревоги, готовности к активным действиям.

Вызывают перераспределение крови (сужение сосудов органов брюшной полости, кожи и слизистых оболочек) и повышение артериального давления. Увеличивают частоту и силу сердечных сокращений. Расширяют бронхи, усиливается вентиляция легких. Понижают секрецию и моторику желудочно-

кишечного тракта.

Половые железы - гонады (лат. gonadis половая железа) – семенники и яичники.

Семенники вырабатывают **андрогены** (гр. andros мужчина) **тестостерон**, **андростендиол**, **андростендион** вырабатываются интерстициальными клетками Лейдига, расположенными между извитыми канальцами семенников.

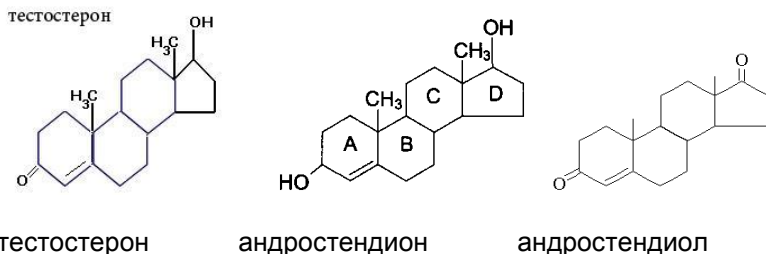


Рис. 39. Мужские половые гормоны (андрогены)

Синтез андрогенов начинается в период полового созревания под влиянием ЛГ. Вырабатываются постоянно, но неравномерно.

Андрогены регулируют репродуктивную функцию. Обеспечивают рост, развитие и функции половых органов. Стимулируют сперматогенез, секрецию придаточных половых желез. Формируют половое поведение. Способствуют проявлению половых инстинктов.

Способствуют развитию вторичных половых признаков (размер и пропорции тела, молочные железы, тембр голоса, волосяной покров, содержание жира, белков в мышечной ткани и др.). После кастрации в раннем возрасте вторичные половые признаки не развиваются.

Повышают возбудимость ЦНС.

Обладают анаболическим действием (стимулируют синтез белка и уменьшают содержание жира), ускоряют рост и развитие.

Яичники – вырабатывают **эстрогены** (гр. oistros страсть, genes порождающий) **эстрадиол** (основной женский половой гормон), **эстрон**, **эстриол**. Эстрогены синтезируются в период полового созревания под влиянием ЛГ. В отличие от андрогенов эстрогены образуются циклически. Эндокринную функцию яичников выполняют соединительно-тканная оболочка зрелых фолликулов (особенно внутренний слой theca interna), гранулезные

клетки, а также желтое тело. Размер яичников у коров 2-5 см.

Эстрогены регулируют репродуктивную функцию. Стимулируют рост и развитие яйцеводов, матки, влагалища. Усиливают сокращение мышц матки. Повышают чувствительность матки к окситоцину. Вызывают гиперемиию и пролиферацию слизистой оболочки матки, влагалища и яйцеводов.

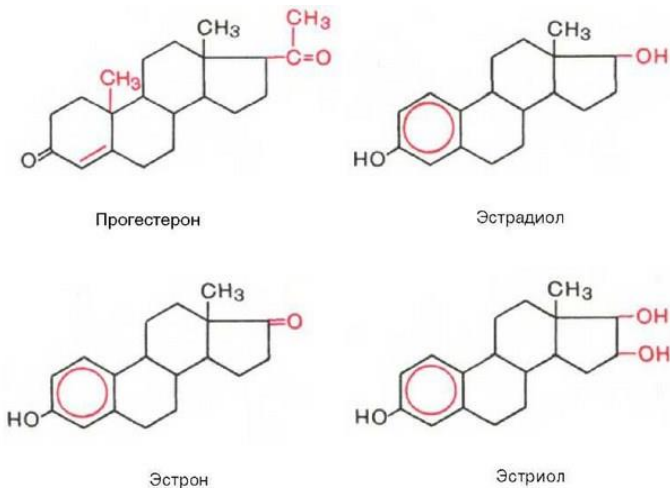


Рис. 40. Женские половые гормоны

Способствуют развитию вторичных половых признаков. Стимулируют рост протоков и железистой ткани молочных желез.

Повышают возбудимость ЦНС, вызывают состояние полового возбуждения течки и половой охоты.

Обладают анаболическим действием (однако, в меньшей степени, чем андрогены).

Желтое тело временная эндокринная структура, которая формируется в яичнике после овуляции. При отсутствии беременности желтое тело существует 14 дней, а затем подвергается инволюции.

При наступлении беременности желтое тело функционирует (у большинства животных) до конца беременности. Вырабатывает **прогестерон** и **релаксин**.

Прогестерон действует на эндометрий матки и вызывает выделение слизи (секрет маточных желез), необходимой для

имплантации зиготы.

Тормозит выделение окситоцина и снижает сократительную активность гладкой мускулатуры матки, делает ее нечувствительной к действию различных раздражителей и в частности окситоцина.

Тормозит образование и выделение гипофизом лютеинизирующего гормона (ЛГ) и тем самым препятствует созреванию фолликулов и овуляции.

Способствует подготовке (совместно с эстрогенами) молочных желез к предстоящей лактации (стимулирует развитие железистой ткани).

Обладает некоторым анаболическим действием. Повышает использование питательных веществ у беременных животных.

Релаксин вырабатывается в конце беременности. Способствует размягчению лонных связок тазовых костей (симфиза) и подготовке родовых путей к изгнанию плода.

Плацента обеспечивает взаимосвязь организма матери и плода.

Вырабатывает **эстрогены**, **прогестерон**, **релаксин**, плацентарный **гонадотропин** (хорионический гормон) и плацентарный **лактогенный** гормон (лактотропин).

Хорионический гормон образуется в больших количествах в первой четверти беременности. По действию хорионический гормон сходен с гонадотропными гормонами гипофиза. У лошадей, начиная с 40 дня жеребости, вырабатывается эндометрием матки плацентарный гонадотропный гормон (хорионический гормон).

Плацентарный **лактогенный** гормон (лактотропин) начинает секретироваться с 1,5 месяцев беременности и способствует развитию молочных желез и становлению лактации.

Эпифиз - шишковидная железа расположена в эпителиальном промежуточном мозге над зрительными буграми. При помощи ножки соединяется с третьим мозговым желудочком. Выполняет роль фоторецепторного органа. Синтезирует **мелатонин** и **серотонин**.

Мелатонин синтезируется из серотонина (источником которого является триптофан) замедляет синтез фол- и люлиберина в гипоталамусе и тем самым снижает секрецию гонадотропных гормонов гипофиза, что тормозит половое созревание.

При увеличении светового дня синтез мелатонина ослабевает, что повышает половую активность. С этим связан се-

зонный характер половой активности. Удаление эпифиза приводит к преждевременному половому созреванию.

Мелатонин обладает антиоксидантным действием (предотвращает образование свободных радикалов, повреждающих клетки).

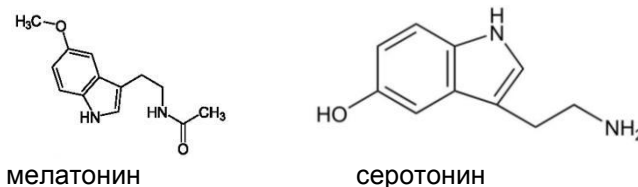


Рис. 41. Гормоны эпифиза

Серотонин является медиатором нервной системы, вызывает сужение кровеносных сосудов. В зависимости от дозы вызывает сужение или расширение сосудов дыхательного тракта. Стимулирует перистальтику кишечника и сокращение матки.

Тимус (вилочковая железа) - лимфоэпителиальный орган имеет две части шейную и грудную вырабатывает **тимозин, тимин, Т-активин**.

Шейная доля прилегает к трахее справа и слева, а грудная лежит в грудной полости выше сердца. Удаление тимуса вызывает нарушение роста и развитие всего организма (особенно костей). Снижается количество лимфоцитов на 50-90 %, что приводит к гибели животных.

Тимозин, тимин, Т-активин (биологически активные пептиды) увеличивают скорость созревания и развития лимфоцитов.

Простагландины - впервые были обнаружены в 30 годах шведским ученым Ульфом Эйлером в экстрактах предстательной железы (*glandula prostata*). Простагландины высокоактивные биологические вещества, синтезируемые из ненасыщенной жирной кислоты (простановая кислота C₂₀), имеют пятичленное кольцо и две углеродные цепи 7 и 8 атомов углерода. Простановая кислота может образовываться из ненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой).

Различают простагландины Е и F из которых могут образовываться другие типы (А, В, С, D). Простагландины обладают широким спектром действия. Они воздействуют на все жизненно важные функции. Действуют на уровне клеточных мембран. По-

вышают активность мембранных ферментов и проницаемость мембран. Простагландины обеспечивают подвижность и жизнеспособность сперматозоидов. Способствуют подготовке слизистой матки к имплантации яйцеклетки.

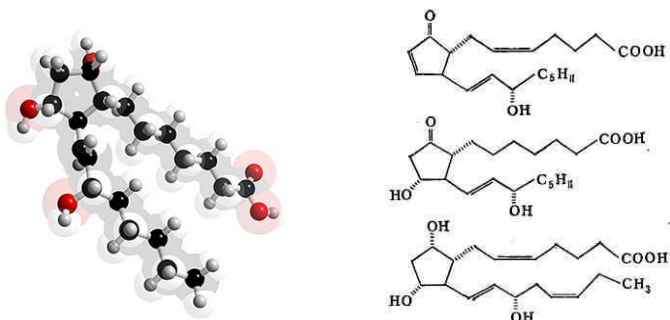


Рис. 42. Простагландины

Pg A₂, Pg E₁, Pg F_{3α}.

Стимулируют сокращение гладкой мускулатуры матки, вызывают схватки и роды. Способствуют рассасыванию желтого тела в конце беременности. Улучшают кровоснабжение. Обладают ярко выраженным гипотензивным эффектом (снижают кровяное давление). Способствуют снижению отложения холестерина в сосудах, предупреждают атеросклероз и инфаркт.

Применения гормонов и гормональных препаратов:

1. Стимуляция роста и откорма молодняка КРС и свиней. С этой целью применяют гормоны анаболического или гипогликемического действия.
2. Регуляция репродуктивной функции. Стимуляция и синхронизация охоты, получение искусственного многоплодия. С этой целью применяют прогестины, гонадотропины, гонадотропные релизинг гормоны, СЖК, простагландины.
3. Стимуляция половой активности у самцов производителей. С этой целью применяют синтетические андрогенные препараты.
4. Повышение молочной продуктивности. С этой целью применяют соматотропин, соматолиберин, тиреоидные препараты.
5. Стимуляция роста шерсти. С этой целью применяют тиреоидные препараты, стероиды, соматотропин.
6. При задержке полового созревания (половой инфантилизм), мышечной дистрофии, после травм, переломов, хрониче-

ских болезней применяют андрогенные препараты.

7. Стимуляция родов (усиления сокращений матки), при задержке последа, для прерывания беременности применяют окситоцин и магэстрофан (синтетический аналог простагландина F_{2α}).

8. Для остановки маточного кровотечения (после родов), при маститах, атонии и гипотонии матки, рефлексорной агалактии, применяют окситоцин.

9. Для рассасывания персистентного желтого тела, лечения лютеальных кист яичников, дисфункции яичников, наступления течки и овуляции, профилактики послеродовых субинволюций матки и эндометрита применяют магэстрофан, эстрофан.

Тема: Кровь и иммунная система

Вопросы: Состав крови. Система крови. Функции крови. Объем и распределение крови в организме. Состав плазмы крови. Функции белков плазмы крови. Буферные свойства крови. Строение, количество и функции эритроцитов. Строение, количество, функции соединения и формы гемоглобина. Строение, количество, функции и формы лейкоцитов. Физиология иммунной системы. Строение, количество и функции тромбоцитов. Механизм свертывания крови и его регуляция. Гемопоз и его регуляция.

Кровь (гр. *haima*) разновидность соединительной ткани, составляющей вместе с лимфой и тканевой жидкостью внутреннюю среду организма.

Система крови - кровь и органы, в которых происходит образование и разрушение форменных элементов (красный костный мозг, лимфоидные органы, селезенка, печень).

Кровь - жидкость, красноватого цвета, слабощелочной реакцией pH 7,35 - 7,45, с плотностью 1,05 - 1,06 и вязкостью 4,5 - 5,0 (в сравнении с водой).

Функции крови:

1. **Питательная** (Трофическая). Перенос питательных веществ к клеткам. Поскольку кровь непосредственно не соприкасается с клетками (за исключением костного мозга и селезенки), то питательные вещества вначале поступают в тканевую жидкость (межклеточную, интерстициальную), а затем к клеткам.

2. **Выделительная** (Экскреторная). Из тканевой жидкости в кровь поступают продукты обмена, которые затем удаляются органами выделения.

3. **Дыхательная**. Перенос кислорода от альвеол легких к

тканям и углекислого газа в обратном направлении.

4. **Терморегуляторная.** Кровь обладает высокой теплоемкостью. Благодаря сокращению или расширению периферических сосудов она может сохранять или отдавать тепло.

5. **Защитная** осуществляется за счет бактерицидных свойств плазмы, фагоцитарной активности лейкоцитов иммунокомпетентных лимфоцитов, ответственных за гуморальный и клеточный иммунитет.

6. **Гуморальная** (Регуляторная). Регуляция деятельности органов и систем организма за счет биологически активных веществ (гормонов, медиаторов, электролитов, метаболитов и др.), поступающих в кровь.

Различают циркулирующую (55-65 %) и депонированную (40-45 %) кровь. Депонированная кровь находится в капиллярной системе печени (15-20 %), селезенке (15 %), подкожных сосудистых сплетениях (10 %), легких. Депонированная кровь более вязкая, содержит больше форменных элементов. Обе фракции находятся в динамическом равновесии, зависящем от состояния организма.

Выход крови из депо происходит под действием симпатической нервной системы при мышечной работе, кровопотерях, снижении атмосферного давления, стрессах.

Объем крови у животных составляет в среднем 7-9 % от массы тела (с колебаниями от 5 до 13 %). В расчете на 1 кг живой массы количество крови составляет: у птиц 90-120, лошадей 85-100, овец 70-90, КРС 65-82, свиней 65-80 (у сальных 40-50), пушных зверей 55-60, рыб 30-45 мл/кг массы тела (у человека 77-80 мл/кг).

У спортивных лошадей (верховых) объем крови достигает 14-15%, а у тяжеловозов не превышает 7-8 %. У молодых животных относительный объем крови выше, чем у взрослых, у самцов выше, чем у самок.

Определение объема крови осуществляют с использованием красителей или меченых радиоизотопами эритроцитов.

Количество крови в организме почти не изменяется. Если ее объем увеличивается, то часть жидкости из сосудов переходит в ткани и выводится через почки.

При потере крови происходит переход жидкости из тканевого пространства в сосудистое русло. Одновременно уменьшается испарение через потовые железы и выделение мочи. Быстрая потеря 1/3 крови ведет к смерти, а при медленной потере

1/2 крови организм остается жив.

Соотношение жидкости в организме (человека): Плазма 3,5 л (8 %), межклеточная жидкость 10 л (23 %), внутриклеточная жидкость 30 л (69 %). Обмен воды между плазмой и межклеточной (интерстициальной лат. *interstitium* промежутков, щель) жидкостью происходит очень быстро. Состав плазмы и интерстициальной жидкости почти одинаков за исключением белков (т.к. они не могут проходить через стенку капилляров).

Плазма - жидкая часть крови. Представляет собой полупрозрачную жидкость желтоватого цвета с вязкостью 1,7-2,2, плотностью 1,035 и реакцией 7,35-7,45.

В плазме содержится 90-92 % воды и 8-10 % сухих веществ из них 6-8 % белков и 2 % низкомолекулярных соединений. В плазме выделяют несколько десятков белков, которые делят на 3 основные группы: альбумины, глобулины и фибриноген.

Альбумины (лат. *albumen* белок) водорастворимые низкомолекулярные белки с молекулярной массой 61000-69000. Альбумины крови синтезируются в **печени** и используются для синтеза ферментов и других белков. Они очень лабильны и быстро обмениваются. Расщепляются клетками РЭС до аминокислот и используются как пластический материал. Они адсорбируют и переносят Ca^{++} (2/3 Ca^{++} связано с белком и 1/3 ионизирована) и органические вещества.

Содержание альбуминов в крови колеблется в пределах 2,9-3,4 %. На их долю приходится 80 % онкотического давления (часть осмотического, создаваемого белками плазмы крови).

Глобулины (лат. *globus* шарик) высокомолекулярные белки (М.м. 90000-156000). Глобулины синтезируются в печени и кроветворных органах. Различают α , β и γ - глобулины. Глобулины основные защитные белки крови (в основном антитела). Среди антител имеются лизины - растворяющие бактерий и чужеродных клеток преципитины – дают осадок, агглютинины – вызывают склеивание антигенов.

Содержание глобулинов колеблется в пределах 3,8 - 4,3 %.

Соотношение между количеством альбуминов и глобулинов называется белковым коэффициентом. У крупного рогатого скота, лошадей, собак он меньше 1, а у свиней, овец, коз, человека он больше 1.

Фибриноген высокомолекулярный белок (М.м. 400000) вместе с другими белками плазмы участвует в процессах свертывания крови. Содержание фибриногена в крови составляет

0,1- 0,4 %.

В плазме в небольших количествах содержится небелковые азотсодержащие вещества (промежуточные и конечные продукты обмена белка): **мочевина** (15 мг%), **аминокислоты** (7 мг%), **мочевая кислота** (1 мг%), **аммиак** (0,5 мг%). Общий небелковый азот составляет 25 мг%.

Углеводы. Основным углеводом плазмы крови является **глюкоза**. Содержание глюкозы в крови жвачных 40-60 мг%, у моногастричных животных 100-120 мг%. Глюкоза является основным источником энергии для мозга. Кроме глюкозы имеется небольшое количество фруктозы.

Липиды (гр. lipos жир) - и жироподобные вещества липоиды. Липиды в крови представлены **холестерином** (свободным и связанным), **фосфолипидами**, **триглицеридами** и **жирными кислотами**. Их общее количество составляет 300-500 мг% (или 0,3-0,5 %).

Минеральные вещества представлены электролитами (соли диссоциированные на катионы и анионы). Общее количество минеральных веществ в крови 0,9-1 %.

Основными катионами плазмы являются Na^+ (328 мг%), K^+ (18 мг%), Ca^{++} (10 мг%), Mg^{++} (2 мг%), Cl^- (365 мг%), HCO_3^- (61 мг%), PO_4^{3-} (4 мг%),

SO_3^{3-} (2 мг%). К анионам относятся и органические кислоты (молочная, лимонная, пировиноградная, уксусная и др.).

Электролиты, глюкоза и мочевина участвуют в поддержании осмотического давления. Причем 95 % осмотического давления приходится на электролиты, а из электролитов 65 % на долю NaCl. В норме осмотическое давление составляет 7,3 атм., что соответствует температуре замерзания 0,54 °С. Аналогичное давление имеет 0,93 % раствор NaCl (изотонический раствор). Осмотическое давление это сила, обеспечивающая переход растворителя через полупроницаемую мембрану из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей.

Кроме этого в крови имеются гормоны, витамины, пигменты, ферменты, растворимые газы (O_2 , CO_2 , N_2).

Функции белков плазмы крови:

Поддерживают нормальный объем крови и постоянное количество воды в тканях. Белки создают онкотическое давление (1/200 часть осмотического давления или 25-30 мм рт. ст.), предотвращают отек тканей (способствуют удержанию воды в крови).

Обеспечивают оптимальную вязкость, что важно для нормального кровообращения и артериального давления. Препятствуют чрезмерному оседанию эритроцитов.

Осуществляют транспорт питательных и биологически активных веществ (альбумины переносят жирные кислоты, глобулины участвуют в транспорте холестерина и стероидных гормонов и катионов).

Участвуют в процессе свертывания крови. (фибриноген, протромбин).

Поддерживают кислотно-щелочное равновесие (гемоглобин и белки плазмы крови).

Выполняют защитную функцию (γ -глобулины, бактерицидные вещества плазмы).

Являются пластическим материалом (источники образования белков различных органов и тканей) и отчасти выполняют энергетическую функцию.

Выполняют дыхательную функцию (гемоглобин).

Период полуобновления белков плазмы крови 6-7 дней. Образуются белки преимущественно в печени (90 %).

Активная реакция крови (рН) обусловленная соотношением в ней водородных (H^+) и гидроксильных (OH^-) ионов, является важнейшим показателем гомеостаза.

Кровь имеет слабощелочную реакцию 7,35-7,45 (артериальная 7,4, венозная 7,3, тканевая жидкость 7,0-7,2). Стойкое смещение реакции на 0,2 - 0,3 ед. может привести к нарушению обмена веществ (инактивация ферментов) и гибели организма.

Несмотря на образование в процессе обмена веществ кислых или щелочных продуктов обмена активная реакция крови (концентрация ионов водорода) поддерживается на постоянном уровне.

В организме существует определенное соотношение между кислыми и основными продуктами обмена веществ, т.е. **кислотно-щелочное равновесие**.

Поддержание кислотно-щелочного равновесия осуществляется за счет 3 основных механизмов: буферных систем крови, легочного выделения CO_2 , экскреторной функции почек (кислые продукты) и печени (аммиак и сернокислые соли).

Различают карбонатную, фосфатную, гемоглобиновую и белков плазмы крови буферные системы. Принцип действия буферных систем основан на замене сильной кислоты слабой (с низкой степенью диссоциации).

Карбонатная буферная система представлена угольной кислотой (H_2CO_3) и ее солью гидрокарбонатом (бикарбонатом) натрия (NaHCO_3). Эта система очень лабильная. На ее долю приходится 20 % буферной емкости. Эта система является открытой, поскольку она связана с вентиляцией легких. Запас бикарбонатов (солей угольной кислоты) способных нейтрализовать поступающие в кровь кислые продукты **называется щелочным резервом крови**. Его определяют по количеству двуокиси углерода, которое может быть вытеснено серной кислотой из 100 мл плазмы крови. В норме щелочной резерв крови у КРС равен 58-60 об. % CO_2 .

Фосфатная буферная система представлена однозамещенным и двузамещенным фосфорнокислым натрием (NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4).

Гемоглибиновая буферная система представлена восстановленным (Hb) и окисленным (HbO_2) гемоглибином. Восстановленный гемоглибин представляет собой более слабую кислоту, а окисленный **оксигемоглибин** (в виде $\text{K}\cdot\text{HbO}_2$) более сильную.

Белков плазмы крови. Белки обладают амфотерными свойствами. Буферные свойства белков плазмы крови (в основном альбуминов) обусловлены способностью аминокислот ионизироваться. Конечные карбоксильные и аминогруппы играют незначительную роль (их мало). Значительный вклад в создание буферной емкости вносят боковые группы (особенно кольцо гистидина).

Смещение кислотно-щелочного равновесия может наступить в результате нарушения обмена веществ, неправильного кормления или заболевания органов выделения.

В результате нарушения кислотно-щелочного равновесия может возникнуть **ацидоз** (лат. *acidum* кислота) или **алкалоз** (лат. *alkali* щелочь).

Ацидоз наблюдается при поражении легких (респираторный ацидоз), кормлении кислым силосом, интенсивной мышечной работе.

Алкалоз может возникнуть при подъеме на высоту более 3000 м (при гипервентиляции легких), при продолжительной рвоте (потере HCl).

Различают компенсированный и некомпенсированный ацидоз и алкалоз. При компенсированном ацидозе снижается щелочной буфер, а pH не изменяется, а при некомпенсирован-

ном происходит смещение рН в кислую сторону.

Эритроциты (гр. erythros красный + citos клетка) - красные кровяные клетки. Эритроциты рыб, амфибий, рептилий и птиц крупные, овальной формы и имеют ядро. Впервые обнаружил эритроциты в крови М.Мальпиги (итал. биолог и врач 1628 - 1694), он принял их за жировые шарики.

Формирование эритроцитов (эритропоэз) происходит в красном костном мозге черепа, рёбер, позвоночника, в эпифизе трубчатых костей из **эритробластов**. Эритробласты проходят ряд стадий, и превращаются в безъядерные **ретикулоциты**, составляющие около 1 % от всех циркулирующих в крови эритроцитов. В отличие от эритроцитов, ретикулоциты имеют короткий срок жизни. Они формируются и созревают в красном костном мозге за 1-2 дня, после чего покидают его и ещё 1-3 дня дозревают в крови. Продолжительность жизни эритроцитов составляет у лошадей 140-180, у крупного рогатого скота 110-120, у овец, коз 90-120, у свиней 86-100, у кроликов 45-50, у кур 25-30 дней. Разрушение эритроцитов происходит в макрофагах селезенки, печени, частично красного костного мозга.

Эритроциты млекопитающих значительно мельче, имеют форму двояковогнутых дисков и лишены ядра. В ядрах эритроцитов интенсивно протекает обмен веществ, и они сами потребляют значительную часть кислорода. Отсутствие ядра рассматривается как приспособление млекопитающих. Двояковогнутая форма способствует увеличению поверхности эритроцита в 1,63 раза по сравнению с шаром такого же диаметра.

Эритроциты состоят из тонкой сетчатой стромы (цитоплазма в виде белково-липидной сетки), ячейки которой заполнены гемоглобином и оболочки, обладающей избирательной проницаемостью. Через нее легко проходят газы, вода, анионы (Cl^- , OH^- , HCO_3^-), глюкоза, мочевины, однако она непроницаема для белков и большинства катионов.

Эритроциты способны к обратимой деформации, поэтому они могут проходить через капилляры, просвет которых меньше их диаметра.

В эритроците млекопитающих 66-70 % воды, остальная часть сухое вещество, 90 % из которого приходится на долю гемоглобина. Размер эритроцитов у домашних животных варьирует от 4 до 9 мкм.

Количество эритроцитов у животных составляет: крупный рогатый скот 5,0-7,5, свиньи 6,0-7,5, лошади 6,0-9,0, мелкий ро-

гатыи скот 7,5-12,5, собаки 5,3-10,2, кошки 5-12, пушные звери 8,5-11,0, рыбы 1,5-2,0 млн./мм³.

У человека: мужчин 4,5-5,5 млн./мм³; женщин 3,7-4,7 млн./мм³ (в системе СИ 4,5-5,5·10¹²/л).

Функции эритроцитов:

1. Перенос O₂ к тканям и CO₂ от тканей.
2. Транспорт питательных веществ.
3. Участие в поддержании pH крови.
4. Адсорбция на поверхности ядов.
5. Поглощение ультрафиолетовых и фиолетовых лучей.

Гемоглобин (гр. haima кровь + globinum шарик) сложный глобулярный белок, хромопротеид с молекулярной массой 64500. Молекула состоит из 4 полипептидных цепей (2 α и 2 β), которые свернуты в компактную глобулу, и 4 простетических групп гема. В геме атом железа находится в закисной форме Fe⁺⁺. Синтез гемоглобина происходит в **эритроблaстах** красного костного мозга.

Соединения гемоглобина:

1. Hb, HbH - **восстановленный** (или **дезоксигемоглобин**).
2. HbO₂ - **оксигемоглобин** (в виде K·HbO₂), более сильная кислота, чем дезоксигемоглобин. Легко диссоциирует в капиллярах тканей, имеет яркий алый цвет, образуется в легочных капиллярах.
3. HbCO₂ - **карбогемоглобин** имеет темно-вишневый цвет, образуется в капиллярах тканей. Легко диссоциирует в капиллярах легких.
4. HbCO - **карбоксигемоглобин** очень прочное, слабо диссоциирующее соединение. При концентрации CO во вдыхаемом воздухе 1% связывается до 80% гемоглобина и через несколько минут наступает смерть.
5. MtHb - **метгемоглобин** патологический гемоглобин, соединенный с различными веществами-сильными окислителями (атомы тяжелых металлов, анилин, бензол и др. Имеет коричневый цвет, атом железа становится трехвалентным и очень прочно удерживает кислород.

Формы гемоглобина:

1. **HbF- фетальный** гемоглобин (плода) состоит из 2α и 2 γ цепей, и обладает более высоким сродством к кислороду. Появляется с 9 недели внутриутробного развития и функционирует в первый год жизни, постепенно заменяется обычным гемоглобином.

2. **HbA** - гемоглобин **постнатального периода**.

3. **Миоглобин (Mgb)** содержится в мышцах состоит из одной полипептидной цепи и гема (М.м. 17500). У морских млекопитающих до 7 % массы тела составляет миоглобин. Миоглобин способен связывать гораздо большее количество кислорода и поэтому выполняет депонирующую функцию (запас кислорода в мышцах).

4. **Гемоцианин** - дыхательный пигмент гемолимфы моллюсков, высших ракообразных и некоторых паукообразных, содержит вместо железа медь.

Лейкоциты (L, WBC white blood cells) - белые кровяные тельца, разнородная группа бесцветных ядерных клеток. Основная функция лейкоцитов защитная, они обладают способностью к фагоцитозу, участвуют в формировании иммунитета, разрушении и удалении токсинов белкового происхождения, вырабатывают биологически активные вещества.

Размер лейкоцитов 10-20 мкм. Количество лейкоцитов в крови в 800 - 1000 раз меньше, чем эритроцитов. В норме количество лейкоцитов в крови составляет у крупного рогатого скота 6-10, лошадей 7-12, свиней 8-16, овец 6-11, птиц 20-40, собак 8,5-10,5, кошек 5,5-19, пушных зверей 4-10, рыб 25-50. У человека 4-10 тыс./мм³ (или в единицах СИ 4-10 · 10⁹/л). Коэффициент 10⁹ называется ГИГА (или 4-10 Г/л).

Все формы лейкоцитов обладают способностью к амебовидному движению и могут проникать через стенку кровеносных сосудов. Перемещаясь по соединительной ткани, лейкоциты достигают места проникновения бактерий или других инородных частиц, и подвергают их фагоцитозу.

Фагоцитоз (гр. phagein пожирать) захватывание и внутриклеточное переваривание собственными ферментами. Явление фагоцитоза было открыто в 1908 году русским ученым И.И. Мечниковым. Больше половины лейкоцитов находятся за пределами сосудистого русла.

Увеличение количества лейкоцитов (**лейкоцитоз**) может быть физиологическим и патологическим. Физиологические лейкоцитозы являются перераспределительными (лейкоциты выходят из депо) они кратковременны, не сопровождаются изменениями лейкоцитарной формулы. Физиологический (умеренный) лейкоцитоз бывает при беременности, после приема корма, после тяжелых физических нагрузок, при стрессах.

При патологическом лейкоцитозе усиливается образова-

ние белых кровяных телец в кроветворных органах и изменяется лейкоцитарная формула. Патологический лейкоцитоз отмечается при многих острых инфекционных, кровепаразитарных заболеваниях, лейкозах, гнойно-воспалительных процессах, интоксикациях.

Уменьшение числа лейкоцитов (**лейкопения**) является следствием угнетения функции кроветворных органов, пониженной реактивности организма. Встречается при вирусных болезнях, некоторых бактериальных и протозойных инфекциях, истощении защитных сил организма, лучевой болезни.

В зависимости от стадии болезни, состояния животного и многих других факторов при одном и том же заболевании может наблюдаться и лейкоцитоз, и лейкопения.

В зависимости от наличия в цитоплазме зернистости (гранул) различают **зернистые** (гранулоциты) и **незернистые** (агранулоциты) лейкоциты. Зрелые зернистые лейкоциты имеют сегментированное ядро. В соответствии с окрашиванием зернистости гранулоциты делятся на три группы: **базофилы** (окрашиваются основными красками), **эозинофилы** (окрашиваются кислотами), **нейтрофилы** (окрашиваются кислотными и основными красками).

Незернистые лейкоциты характеризуются отсутствием зернистости в цитоплазме и несегментированным ядром, среди них выделяют два вида: **моноциты** (самые большие клетки) и **лимфоциты** (имеют крупное ядро и небольшое количество цитоплазмы).

Базофилы окрашиваются основными красками в **фиолетово-синий** цвет. Ядро - большое темно окрашенное, бесструктурное, расплывчатое, покрытое большим количеством зернистости. Количество у КРС 1 % (у человека 0,5-1%). Количество базофилов увеличивается в заключительную фазу острого воспаления. Синтезируют гепарин, серотонин и гистамин. Гистамин основной медиатор аллергических реакций немедленного типа, вызывает расширение капилляров и повышение их проницаемости, покраснение кожи, зуд, жжение. Серотонин, обладает сосудосуживающим действием, выделяется при распаде тромбоцитов, препятствует кровотечению. Гепарин предохраняет кровь от свертывания.

Попадая в ткани (способны к экстравазации), базофилы превращаются в **тучные клетки**, содержащие большое количество **гистамина**. Благодаря базофилам яды насекомых или жи-

вотных сразу блокируются в тканях и не распространяются по всему телу.

Увеличение содержания базофильных лейкоцитов отмечается при аллергических состояниях, заболеваниях системы крови, понижении функции щитовидной железы.

Уменьшение содержания базофильных лейкоцитов отмечается при повышенной функции щитовидной железы, беременности, стрессовых воздействиях, острых инфекциях и др.

Эозинофилы окрашиваются кислыми красками в **розово-красный** цвет. Зерна крупные, круглой формы, Ядро в виде двух грушевидных сегментов, соединенных между собой тонким мостиком.

В небольшой степени способны к фагоцитозу, содержат фермент гистаминазу, разрушающий гистамин и другие медиаторы аллергии и воспаления. Снижают местную воспалительную реакцию. Обладают цитотоксической активностью в отношении гельминтов и защите от инвазий. Инактивируют токсины белкового происхождения. Количество у КРС составляет 6,5 % (у человека 1-4%). Основная функция разрушение и обезвреживание токсинов белкового происхождения и чужеродных белков. Эозинофилы могут модулировать реакции гиперчувствительности немедленного типа, инактивируя медиаторы, высвобождаемые тучными клетками (гистамин, лейкотриены, лизофосфолипиды и гепарин).

Повышение содержания эозинофилов (эозинофилия) отмечается при аллергических состояниях, астме, поражениях кожи, глистных инвазиях (особенно трихинеллезе, стронгилоидозе), инфекционных заболеваниях (туберкулез), остром лейкозе и др.

Понижение содержания эозинофилов (эозинопения) отмечается при некоторых инфекционных заболеваниях (брюшной тиф, дизентерия), остром аппендиците, сепсисе, травмах, ожогах, физическом перенапряжении, стрессах.

Нейтрофилы (микрофаги) окрашиваются кислыми и основными красками в розово-фиолетовый цвет. Большую часть клетки занимает бледно-розовая цитоплазма с неравномерной мелкой зернистостью, окрашенной в розовато-синий или фиолетовый цвет. Ядро имеет темно-фиолетовый цвет. Нейтрофилы (полиморфноядерные лейкоциты) по возрасту могут быть **юные** (метамиелоциты ядро бобовидное), **палочкоядерные** (незрелые с ядром в виде подковы) и сегментоядерные (зрелые ядро имеет до четырех сегментов). Ядро палочкоядерного нейтрофи-

ла имеет форму изогнутой палочки (ленты). У сегментоядерного нейтрофила ядро разделено на отдельные сегменты (от 2 до 5) различной величины и формы.

Основная функция - фагоцитоз. Играть важную роль в защите от бактериальных и грибковых инфекций. В противовирусной и антигельминтной защите нейтрофилы практической роли не играют. Нейтрофилы способны проходить через базальные мембраны и между клетками в тканях, направляясь к очагу воспаления. Нейтрофилы вырабатывают большое количество ферментов (протеазы, каталазы, оксидазы и др.). Один нейтрофил может фагоцитировать 20-30 бактерий, но при этом он может погибнуть. Нейтрофилы захватывают не только живых, но и мертвых бактерий, отмершие клетки самого организма и инородные частицы. За это их называют «дворники». Гной состоит в основном из нейтрофилов и их остатков. Количество нейтрофилов резко увеличивается при воспалительных процессах.

При многих тяжелых бактериальных и грибковых инфекциях, септических и гнойных процессах, интоксикациях, злокачественных новообразованиях, стрессах, отмечается увеличение количества нейтрофилов (**нейтрофилез, нейтрофилия**).

При появлении незрелых форм нейтрофилов говорят о сдвиге лейкоцитарной формулы влево. Возникает при лейкозах и злокачественных новообразованиях и свидетельствует о стимуляции образования клеток этого вида, - самый первый ответ на бактериальные и многие другие инфекции.

При некоторых хронических и вирусных инфекциях, при действии радиации, у ослабленных животных наблюдается понижение уровня нейтрофилов (**нейтропения**).

Материнской формой зернистых лейкоцитов является **миелобласт**, из которой образуются промиелоциты, миелоциты, метамиелоциты и нейтрофилы.

Миелоциты (гр. μυελός костный мозг и κύτος клетка), одна из форм клеток кроветворной ткани красного костного мозга. В норме миелоциты в кровяное русло не поступают, но при некоторых патологических состояниях (например, при лейкозах) могут появляться в крови.

Гранулоциты живут 8-10 дней, чаще меньше - часы и даже минуты.

Моноциты (макрофаги) самые крупные клетки крови (до 20 мкм). Ядро (бобовидное или в форме бабочки не сегментировано) занимает большую часть цитоплазмы и окрашивается в

красновато-фиолетовый цвет. Циркулируют в крови 12-36 часов, затем переходят в ткани, превращаясь в тканевые **макрофаги**.

Тканевые макрофаги крупные клетки (20-60 мкм) с небольшим круглым ядром, содержат большое количество митохондрий и лизосом. Обладают хорошо выраженной фагоцитарной активностью, секретируют лизоцим, интерферон. Вблизи очага воспаления могут размножаться делением. Макрофаги очищают все ткани от бактерий и инородных частиц.

Моноциты и тканевые макрофаги, образующиеся из моноцитов, формируют **макрофагическую систему** (система мононуклеарных фагоцитов).

Тканевые макрофаги представлены: **гистиоцитами** рыхлой соединительной ткани, клетками **Купфера** в печени, макрофагами лимфотических узлов и селезенки, легких и плевры, брюшины, клетками **микроглии** нервной ткани, **остеокластами** костной ткани, клетки Лангерганса в эпидермисе, перитонеальные макрофаги брюшной полости, альвеолярные макрофаги легких.

Количество моноцитов у крупного рогатого скота 4,5 % (у человека 6-8%). Увеличение содержания моноцитов (моноцитоз) отмечается при тяжело протекающих инфекциях, ряде заболеваний системы крови, злокачественных новообразованиях и др.,

Уменьшение содержания моноцитов (моноцитопения) считается признаком поражения костного мозга.

Лимфоциты главные клетки иммунной системы. Ядро (округлое или бобовидной формы) интенсивно окрашивается в темно- или светло-фиолетовый цвет. Цитоплазма светло-синяя. **Лимфоциты** свое название получили потому, что они присутствуют не только в крови, но и в лимфе.

Количество у КРС составляет 57 % (лимфоцитарная картина крови). У человека 25-38%. Основная функция лимфоцитов выработка **антител**. Лимфоциты ответственны за реакции на введение чужеродных белков и отторжение чужеродных тканей при пересадке органов, обеспечивая трансплантационный иммунитет.

Снижение содержания лимфоцитов (лимфопения) отмечается при, вторичных иммунодефицитах, отдельных формах лейкоза, длительном голодании, сопровождающемся дистрофией, длительном стрессе, почечной недостаточности и др.

Соотношение отдельных форм лейкоцитов крови, выраженное в процентах называется **лейкоцитарной формулой** (или **лейкограммой**). Лейкоцитарная формула крупного рогато-

го скота: Э - 6,%, Б - 1%, Н - 31 %, М - 4,5%, Л - 57 %. У человека Б - 0-1 %, Э - 0,5-5%, Н - (п/я 1-6 %, с/я 47-72 %), Л - 19-37 %, М - 3-11 %.

Первым изменением, в лейкоцитарной формуле, является увеличение, или уменьшение, какого-либо вида лейкоцитов (видовой лейкоцитоз или видовая лейкопения). Вторым изменением является появление молодых незрелых форм лейкоцитов (особенно нейтрофилов). Увеличение числа палочкоядерных и появление юных нейтрофилов и миелоцитов (предшественников нейтрофилов), обозначают как сдвиг ядра влево. Увеличение процента сегментоядерных нейтрофилов при уменьшении процента палочкоядерных - как сдвиг ядра вправо. Третьим изменением, является наличие патологических изменений в ядре и цитоплазме.

Из видовых лейкоцитозов в клинической практике чаще всего встречаются нейтрофилии, лимфоцитозы и эозинофилии. Нейтрофилия (нейтрофилез) наиболее типична для гнойно-воспалительных процессов.

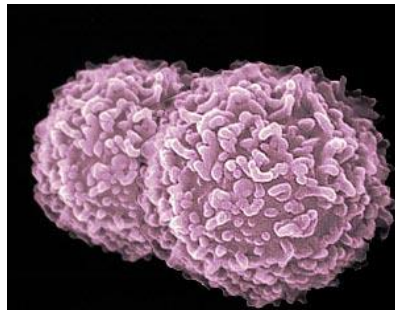
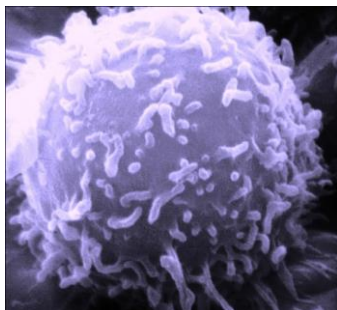


Рис.43. Т- и В – лимфоциты

Лимфоцитозом при нормальном или повышенном количестве лейкоцитов в сочетании с нейтропенией сопровождаются хронический туберкулез, бруцеллез, пироплазмоз лошадей, сильные ожоги кожи, сахарный диабет, тиреотоксикоз. Лимфоцитопения может быть при сепсисе, ботулизме, в начальной стадии чумы свиней (в прогностическом отношении является неблагоприятным симптомом).

Иммунная система - это система органов и клеток, обеспечивающих иммунитет.

Иммунитет (лат. immunitas освобождение от чего либо) - способность организма защищаться от генетически чужеродных тел. Действие иммунной системы направлено на поддержание генетического гомеостаза.

Главной клеточной формой иммунной системы является **лимфоцит**.

Различают центральные и периферические лимфоидные органы.

Центральные лимфоидные органы: лимфоидная ткань красного костного мозга, тимус, фабрициева сумка (бурса - дивертикул клоаки) у птиц.

В центральных лимфоидных органах происходит **образование** из лимфоидных стволовых клеток и «**обучение**» (т.е. приобретение иммунной компетенции) Т и В - лимфоцитов.



Рис. 44. Лимфатический узел

Периферические лимфоидные органы: лимфатические узлы, миндалины, селезенка, пейеровы бляшки тонкого кишечника, фолликулы аппендикса. В периферических лимфоидных органах имеются соответствующие зоны, где располагаются Т и В - лимфоциты. В них происходит **сенсibilизация** (повышение чувствительности), **активация** Т и В - лимфоцитов в ответ на антигенную стимуляцию, **пролиферация** (разрастание ткани путём размножения клеток), **дифференциация** (приобретение различий) и соответствующий **иммунный ответ** (образование антител и клеток киллеров).

Антиген - сложное органическое вещество, несущее признаки чужеродной для организма информации и способное при поступлении в организм вызвать ответную иммунную реакцию.

Антитело - сложный белок (иммуноглобулин плазмы крови) синтезируемый лимфоцитами под воздействием различных антигенов.

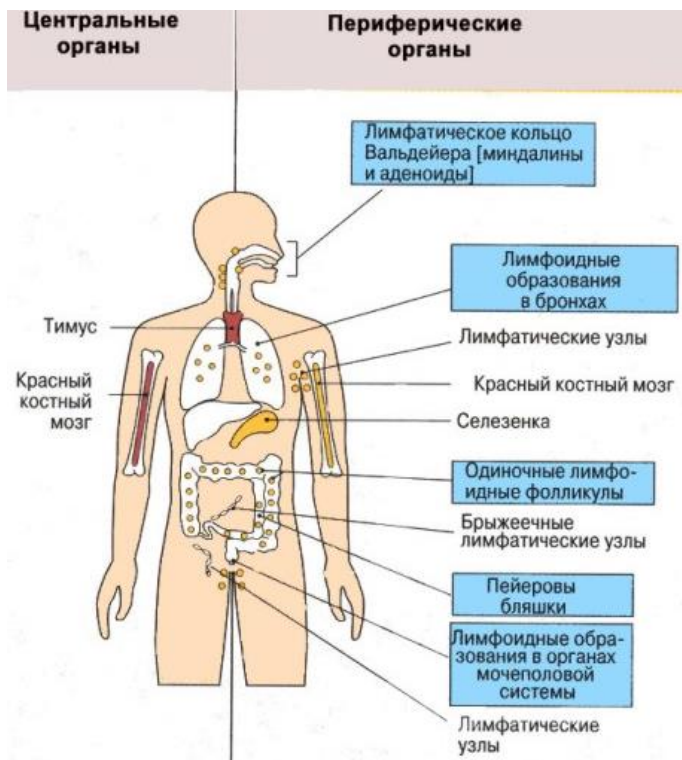


Рис. 45. Центральные и периферические лимфоидные органы

Вакцинация - создание специфического искусственного иммунитета путем введения вакцины в организм человека или животного, приготовленной из микроорганизмов.

Вакцина (лат. vaccinus коровий от васса корова) - препарат, состоящий из ослабленных или убитых возбудителей различных. Применяют с целью создания активного иммунитета. Вакцина получила свое название по противооспенному препара-

ту, приготовленному из коровьих оспинок. Впервые вакцина была применена в 1796 английским врачом Э. Дженнером, который прививал людям для предохранения их от заболевания натуральной оспой коровью оспу (отсюда название).

Различают естественный и искусственный иммунитет. Естественный и искусственный иммунитет может быть активным и пассивным.

Человек с рождения невосприимчив ко многим болезням. Такой иммунитет называется врожденным (передается по наследству). Например, люди не болеют чумой животных, куриной холерой. Есть болезни, которыми болеют животные и человек, но не болеют птицы (сибирская язва, бешенство), болезни, которыми болеет человек, но не болеют животные и птицы (корь, натуральная оспа, вирусный гепатит, холера, дизентерия).



Рис. 46. Виды иммунитета

Активный иммунитет возникает после болезни или вакцинации. В результате образуется иммунитет гуморальный или клеточного типа (т.е. специфический). Активный иммунитет, вырабатывается медленно (от 2 до 8 недель), но сохраняется длительно. В зависимости от вида инфекции иммунитет может сохраняться несколько месяцев (до года после холеры, чумы, бруцеллеза, сибирской язвы и др.), несколько лет (после туляремии, натуральной оспы, туберкулеза, дифтерии, столбняка и др.) и на всю жизнь (корь, паротит, краснуха, скарлатина и др.). Активным иммунитет называют потому, что антитела вырабатываются самим организмом в результате попадания антигенов.

Естественный активный иммунитет вырабатывается в

организме после попадания возбудителей, т.е. в результате заболевания, а искусственный активный иммунитет вырабатывается после вакцинации.

Пассивный иммунитет называют потому, что антитела в организме сами не вырабатываются, а поступают извне. Он подразделяется на колостральный (лат. colostrum молозиво), трансплацентарный и приобретенный путем парентерального введения готовых антител (специфических антибактериальных, антивирусных, антитоксических сывороток). Пассивный иммунитет в организме возникает очень быстро (от 2 до 24 часов), но сохраняется не долго (до 2-8 недель). При естественном пассивном иммунитете антитела передаются от матери через плаценту или с молоком (молозивом), а при искусственном пассивном антитела вводятся парентерально в виде иммунных сывороток, плазмы или иммуноглобулинов. **Колостральный** иммунитет, т.е. поступление γ -глобулинов матери новорожденному с молозивом. Продолжительность пассивного иммунитета невелика от 10 до 30 дней и определяется периодом биологического полураспада антител.

По **функциональным** признакам различают три типа лимфоцитов: **Т - лимфоциты** (75 %), **В - лимфоциты** (15 %) и **НК - клетки** (10 %).

По **морфологическим** признакам различают **большие** лимфоциты (НК- клетки и активно делящиеся лимфобласты) и **малые** (Т - и В - лимфоциты).

Субпопуляции Т - лимфоцитов (лат. thymus):

1. **Т - киллеры** (убийцы) с помощью своих отростков узнают чужеродную клетку и разрушают ее путем прямого контакта. **Т - киллеры** осуществляют иммунологический генетический надзор, разрушая мутированные клетки собственного организма, в том числе и опухолевые, и генетически чужеродные клетки трансплантатов.

2. **Т - супрессоры** подавляют гуморальные или клеточные иммунные ответы, в том числе тормозят активность макрофагов. **Т- супрессоры** ограничивают силу иммунного ответа, контролируют активность Т-киллеров, блокируют деятельность Т-хелперов и В-лимфоцитов, подавляя избыточный синтез антител, которые могут вызывать аутоиммунную реакцию

3. **Т - хелперы** (помощники) способствуют вступлению В - лимфоцитов в контакт с антигеном. Стимулируют иммунный ответ, воздействуя на В-лимфоциты и давая сигнал для синтеза

антител против появившегося в организме антигена.

4. **Т - амплификаторы** находятся в селезенке и тимусе не рециркулируют и принимают участие в поддержании или размножении предшественников Т - лимфоцитов.

НК - клетки (англ. natural killer cells) большие лимфоциты, обладающие цитотоксичностью против опухолевых клеток и клеток, зараженных вирусами. В настоящее время НК-клетки рассматривают как отдельный класс лимфоцитов. НК являются одним из важнейших компонентов клеточного врожденного иммунитета. Способность НК клеток распознавать «свое» и «чужое» определяется поверхностными рецепторами.

В - лимфоциты (от bursa fabricii фабрициева сумка птиц) тип лимфоцитов, играющих важную роль в обеспечении гуморального иммунитета. Образование В - лимфоцитов у птиц происходит в фабрициевой сумке. У эмбрионов человека и других млекопитающих В-лимфоциты образуются в печени и костном мозге из стволовых клеток, а у взрослых млекопитающих в красном костном мозге. **В-лимфоциты** участвуют в гуморальном иммунитете, вырабатывая антитела (иммуноглобулины) против генетически чужеродных веществ. Содержание В-лимфоцитов в крови составляет 8-20 % от общего количества лимфоцитов.

Различают **специфические** (частные, строго избирательные) и **неспецифические** (общие) защитные механизмы организма.

Неспецифические защитные механизмы обусловлены наличием «естественных» антител, вырабатываемых под влиянием кишечной микрофлоры, выработкой биологически активных веществ (лизоцим, интерферон, пропердин, гистамин и др.) и фагоцитарной активностью лейкоцитов.

Специфические защитные механизмы включаются только после первичного контакта с антигеном и обеспечиваются Т и В лимфоцитами.

Различают **клеточный** и **гуморальный** иммунный ответ.

За клеточный иммунитет отвечают Т - лимфоциты а за гуморальный - В - лимфоциты.

Клеточный иммунный ответ заключается в образовании специальных эффекторных клеток Т - киллеров, способных распознавать и уничтожать клеточные антигены (бактерии, патогенные грибы, трансплантаты и др.).

Гуморальный иммунный ответ заключается в образовании из В-лимфоцитов плазматических клеток и в выработке ими

антител.

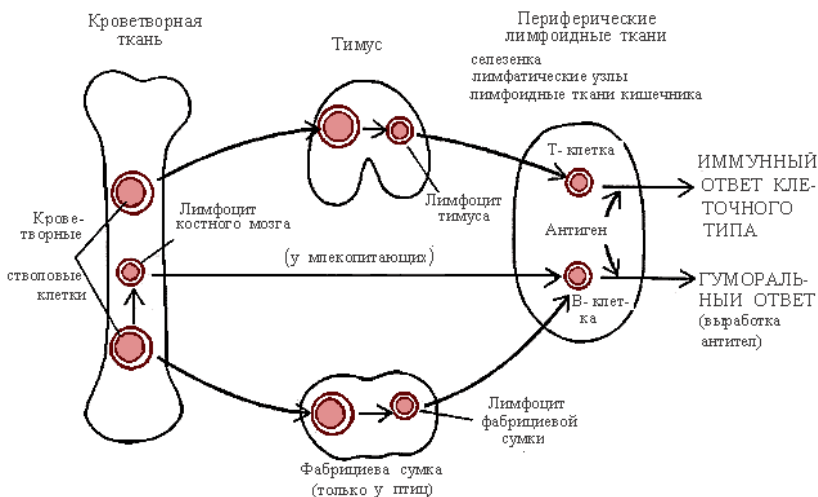


Рис. 47. Схема развития Т - и В – лимфоцитов

В периферических лимфоидных органах различают Т - и В - зависимые зоны. До стимуляции антигеном Т - и В - лимфоциты мало различимы, но после стимуляции происходит их пролиферация, дифференциация и сенсibilизация (повышение чувствительности к воздействию какого либо вещества т.е. активация). Иммунокомпетентные Т - лимфоциты после контакта с антигеном превращаются в **лимфобласты**, которые начинают делиться и дают несколько популяций (киллеры, супрессоры, хелперы, дочерние клетки памяти).

Иммунокомпетентные В - лимфоциты после контакта с антигеном превращаются в **плазматические клетки**, которые дают дочерние клетки памяти и плазматические клетки, вырабатывающие иммуноглобулины.

Различают первичный и вторичный иммунный ответ. При первичном попадании антигена **первичный иммунный ответ** (т.е. образование **киллеров** и **Jg**) происходит не сразу, а спустя некоторое время (2-4 недели в зависимости от **вирулентности** антигена). **Вирулентность** (лат. virulentus ядовитый) степень болезнетворности (патогенности) инфекционного агента.

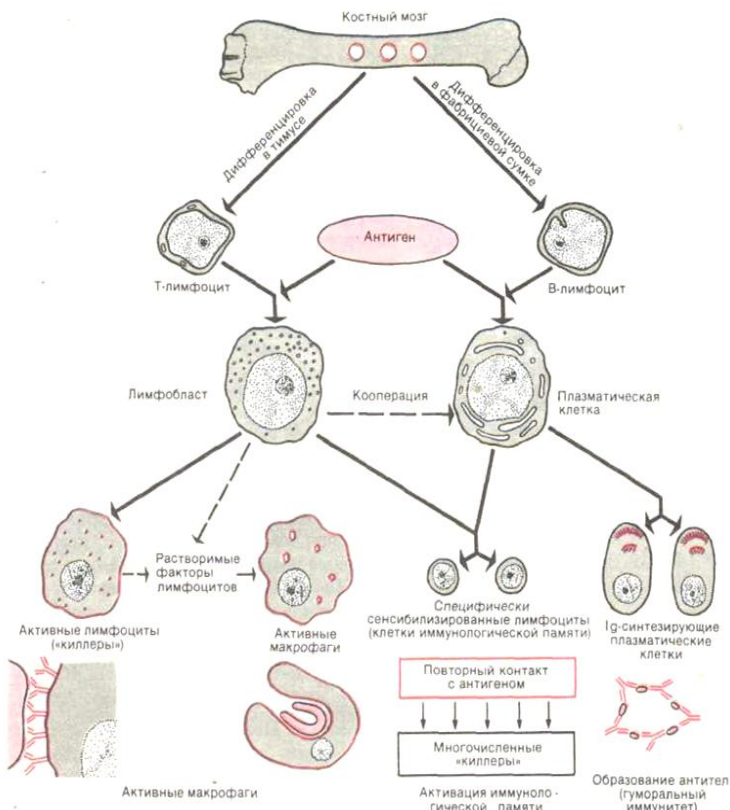


Рис. 48. Схема иммунного ответа

При повторном попадании данного антигена клетки памяти распознают его и очень быстро превращаются в **лимфобласты** (дающие начало Т- киллерам) и плазматические клетки (вырабатывающие антитела).

В результате **вторичный иммунный ответ** происходит очень интенсивно и быстро (максимально через 48 часов). При вакцинации происходит первичный иммунный ответ, а при попадании данного антигена наступает вторичный иммунный ответ.

После кори, свинки, черная оспа, ветрянка, краснуха иммунитет сохраняется на всю жизнь (человек болеет этими болезнями лишь один раз в жизни).

Неспецифический иммунный ответ - это первый этап

борьбы с инфекцией он запускается сразу же после попадания микроба в наш организм. В его реализации задействованы система комплимента, лизосим, тканевые макрофаги. Неспецифический иммунный ответ практически одинаков для всех типов микробов и подразумевает первичное разрушение микроба и формирование очага воспаления. Воспалительная реакция это универсальный защитный процесс, который направлен на предотвращение распространения микроба. Неспецифический иммунитет определяет общую сопротивляемость организма.

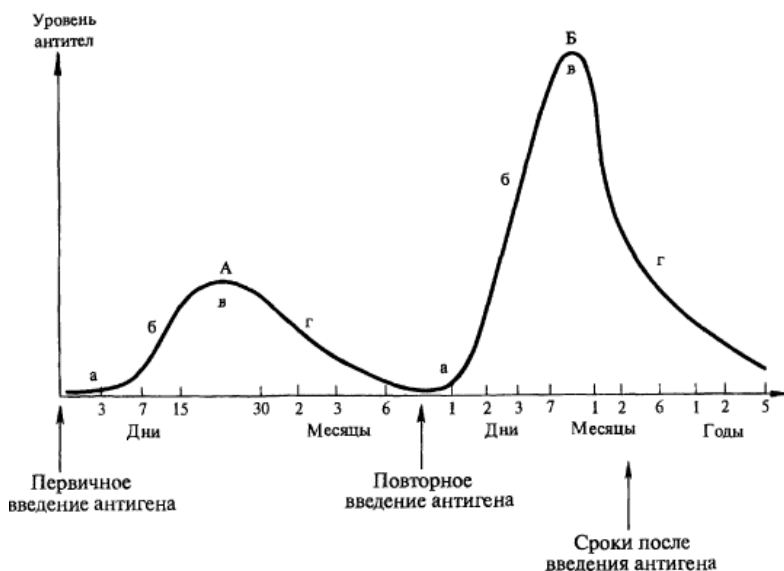


Рис .49. Первичный и вторичный иммунный ответ А - первичный иммунный ответ. Б - вторичный иммунный ответ

Специфический иммунитет это вторая фаза защитной реакции организма. Основной характеристикой специфического иммунного ответа является распознавание микроба и выработка факторов защиты направленных специально против него. Процессы неспецифического и специфического иммунного ответа пересекаются и во многом дополняют друг друга. Во время неспецифического иммунного ответа часть микробов разрушается, а их части выставляются на поверхности клеток (например, макрофагов). Во второй фазе иммунного ответа клетки иммунной

системы (лимфоциты) распознают части микробов, выставленные на мембране других клеток, и запускают специфический иммунный ответ как таковой. Специфический иммунный ответ может быть двух типов: клеточный и гуморальный.

Клеточный иммунный ответ подразумевает формирование клона лимфоцитов (К-лимфоциты, цитотоксические лимфоциты), способных разрушать клетки мишени, мембраны которых содержат чужеродные материалы (например, вирусные белки).

Клеточный иммунитет задействован в ликвидации вирусной инфекции, а также таких типов бактериальных инфекций как туберкулез, проказа, риносклерома. Раковые клетки тоже разрушаются активированными лимфоцитами.

Гуморальный иммунный ответ осуществляется В-лимфоцитами, которые после распознавания микроба начинают активно синтезировать антитела. На поверхности одного микроба может быть множество различных антигенов, поэтому обычно вырабатывается целая серия антител, каждое из которых при этом направлено на определенный антиген. Антитела (иммуноглобулины, Ig) - это молекулы белков, способные прилипнуть к определенной структуре микроорганизма, вызывая его разрушение.

Существует пять классов (изотипов) иммуноглобулинов, каждый из которых выполняет специфическую функцию.

Имуноглобулины типа G (IgG) представляют собой основной фактор гуморального иммунитета (до 80 % от всех иммуноглобулинов). Этот тип антител защищает организм на протяжении длительного времени от различных микроорганизмов.

Имуноглобулины типа A (IgA) синтезируются клетками иммунной системы и выводятся на поверхность кожи и слизистых оболочке (до 13 % от всех иммуноглобулинов). В больших количествах IgA содержатся во всех физиологических жидкостях (слюна, молоко, моча). Иммуноглобулины типа A обеспечивают местный иммунитет, препятствуя проникновению микробов через покровы тела и слизистые оболочки.

Имуноглобулины типа M (IgM) выделяются в первое время после контакта с инфекцией (до 6 % от всех иммуноглобулинов). Эти антитела представляют собой большие комплексы способные связывать сразу несколько микробов одновременно. Определение IgM в крови является признаком развития в организме острого инфекционного процесса.

Имуноглобулины типа E (IgE) участвуют в развитии аллергических реакций немедленного типа, тем самым защищая

организм от проникновения микробов и ядов через кожу (менее 1 % от всех иммуноглобулинов).

Иммуноглобулины типа D (IgD) содержится в основном на мембране некоторых В-лимфоцитов (менее 1 % от всех иммуноглобулинов). Функции до конца не выяснены, предположительно является антигенными рецепторами.

Клоны цитотоксических лимфоцитов и В-лимфоцитов сохраняются в организме длительное время и при новом контакте с микроорганизмом запускают мощный иммунный ответ. Присутствие в организме активированных иммунных клеток и антител против определенных типов антигенов носит название **сенсбилизация**. Сенсбилизированный организм способен быстро ограничивать распространение инфекции, предупреждая развитие болезни.

Сила иммунного ответа зависит от реактивности организма, то есть от его способности реагировать на внедрение инфекции или ядов. Различают несколько типов иммунного ответа в зависимости от его силы: нормоэргический, гипозэргический и гиперэргический (гр. ergos сила).

Тромбоциты (гр. trombo сгусток + cytys клетка) - кровяные пластинки, представляют собой плоские безъядерные (кроме рептилий, птиц и рыб) клетки неправильной округлой или овальной формы диаметром 2-4 мкм. У сельскохозяйственных животных их содержится 200 - 400 тыс./мм³.

Образуются в красном костном мозге. Продолжительность жизни составляет 3-5 дней. Очень хрупкие и легко разрушаются. Располагаются вдоль стенок кровеносных сосудов. Способны быстро прилипать к поверхности инородных предметов. Имеют гранулы, в которых содержится тромбопластин, серотонин, адреналин, норадреналин, гистамин, АТФ.

Свертывание крови - **гемостаз** (гр. haemo кровь + stasis остановка) является важнейшим защитным механизмом, предохраняющим организм от кровопотери. Нарушение свертывания приводит к тяжелым заболеваниям (тромбоз сосудов, стенокардия, инфаркт, кровотечения и др.). При плохой свертываемости даже небольшая рана может привести к смерти.

Свертывания крови у животных составляет: лошадей 10-12; крупного рогатого скота 7-9; овец, коз, свиней 3-5; птиц 2-3. У человека 3-6 минут.

Свертывание крови обусловлено изменением физико-химического состояния белка плазмы фибриногена, который пе-

реходит в нерастворимую форму - фибрин. Нити фибрина образуют сеть, в петлях которой оседают форменные элементы. Тромб закупоривает кровеносный сосуд как пробкой.

Различают первичный и вторичный гемостаз.

Первичный гемостаз (или сосудисто-тромбоцитарный) происходит при повреждении мелких сосудов. Он обусловлен спазмом сосудов и механической закупоркой их **агрегатами** (aggregatio скопление клеток) тромбоцитов. Прилипая к краям раны, тромбоциты выделяют сосудосуживающие вещества - **адреналин, серотонин**. Просвет сосудов уменьшается и закрывается тромбоцитами. При этом агрегация тромбоцитов носит обратимый характер.

Вторичный или коагуляционный (лат. coagulatio свертывание) гемостаз происходит при повреждении крупным сосудов. При этом происходит необратимая агрегация тромбоцитов и образование кровяного сгустка.

1. **Фаза активации.** В эту фазу **тромбопластин** (фактор - III) из поврежденных тромбоцитов, стенок сосудов и тканей взаимодействует с **протромбином** (неактивный фермент крови, вырабатываемый в печени, фактор II) в результате чего образуется **тромбин** (активный фермент). Для этой реакции необходимо наличие 13 факторов свертывания (фибриноген, тромбин, тромбопластин, Ca^{++} , антигемофильный глобулин, фактор Кристмаса, Стюарта, Хагемана и др.).

2. **Фаза свертывания.** В эту фазу происходит взаимодействие тромбина с фибриногеном (фактор - I) в результате чего образуется фибрин.

3. **Фаза ретракции** (лат. retractio стягивание, сокращение). В эту фазу происходит сокращение (уплотнение) сгустка в 2-3 раза и закрепление его в поврежденном сосуде. Ретракция заканчивается через 2-3 часа после образования сгустка.

Регуляция свертывания крови осуществляется нейрогуморально. Кора больших полушарий оказывает свое регулирующее влияние через вегетативную нервную систему, которая не только вызывает сужение сосудов, но и включает гуморальный механизм.

Под влиянием **симпатической** нервной системы, при стрессах, болевых раздражениях, страхе, гнев скорость свертывания возрастает.

Адреналин и норадреналин ускоряют свертывание крови.

Противосвертывающая система играет важную роль в

предупреждении внутрисосудистого свертывания крови и в растворении образовавшихся сгустков. Свертывающая и противосвертывающая системы находятся в определенном равновесии.

Факторами, препятствующими свертыванию крови являются:

1. Гладкая поверхность эндотелия сосудов (предотвращает активацию факторов свертывания). Внутренние стенки сосудов покрыты тонким слоем растворимого фибрина, который адсорбирует факторы коагуляции (особенно тромбин). 2. Большая скорость кровотока. 3. Наличие в крови естественных антикоагулянтов (гепарин, антитромбопластин и др.). 4. Наличие ферментов растворяющих фибрин.

Гемопоз (гр. poiesis образование) процесс образования, развития и созревания форменных элементов крови. Все форменные элементы крови происходят из одной **полипотентной (гр. poly много + potential способность) недифференцированной стволовой** клетки красного костного мозга. Эта клетка дает начало четырем типам стволовых клеток: **эритроидного, моногранулоцитарного, тромбоцитарного и лимфоидного** ряда.

Стволовые клетки эритроидного ряда превращаются в **эритробласты** (в которых происходит синтез гемоглобина) из которых образуются **ретикулоциты** и далее эритроциты. Эритроциты образуются внутри сосудов в синусах красного костного мозга.

В эмбриональном периоде кроветворение происходит в стенке желточного мешка, а затем в печени, селезенке и костном мозге. К концу внутриутробного периода кроветворение в печени, селезенке прекращается.

Стволовые клетки моногранулоцитарного ряда дают начало **миелобластам** из которых образуются **монобласты и моноциты, а также миелоциты и гранулоциты.**

Стволовые клетки тромбоцитарного ряда дают начало **мегакариобластам** и **мегакариоцитам** из которых образуются кровяные тромбоциты.

Стволовые клетки лимфоидного ряда дают начало **лимфоцитам.**

Дальше происходит дифференцировка этих клеток в зрелые эритроциты, гранулоциты, тромбоциты и лимфоциты, в результате чего клетки специализируются и теряют способность к делению (митозу).

Стимулирует эритропоз биологически активное вещество - **эритропоэтин**, которое образуется при участии почек. Под действием эритропоэтина происходит пролиферация и диффе-

ренцировка стволовых клеток эритроидного ряда, а также увеличивается скорость синтеза гемоглобина в **эритроблестах** красного костного мозга.

Для нормального кроветворения необходимо присутствие в организме витамина **В₁₂ (цианокобаламин)**, который всасывается только в том случае, если в желудке выделяется специальный мукопротеид (внутренний фактор **Касла**, **витамин С** (стимулирует всасывание железа и образование гема), **В₆ (пиридоксин)**, **В_с (фолиевая кислота)**, макроэлементы **Fe, Mg** и микроэлементы **Co, Cu** и др.

Разрушение эритроцитов происходит в макрофагах селезенки, печени, частично красного костного мозга.

Гемопоз регулируется нейрогуморально. Количество форменных элементов в крови величина постоянная. В организме поддерживается равновесие между образованием и разрушением форменных элементов.

Особое значение в регуляции кроветворения имеет гипоталамус, осуществляющий свое регулирующее действие через гипофиз и вегетативную нервную систему.

Симпатическая нервная система стимулирует кроветворение, а парасимпатическая тормозит. Кроветворение усиливается под влиянием соматотропина, АКТГ, тироксина, андрогенов, кортикостероидов. При недостатке O_2 , кровопотерях скорость кроветворения увеличивается.

Тема: Кровообращение

Вопросы: Движение крови по сосудам (круги кровообращения). Строение сердца. Морфологические особенности сердечной мышцы. Работа, сердца. Сердечный цикл и его фазы. Систолический и минутный объем сердца. Частота сердечных сокращений. Тоны сердца. Физиологические свойства сердечной мышцы. Электрокардиография. Регуляция работы сердца. Функциональные особенности сосудов. Давление, скорость, объем и сопротивление крови в сосудах. Обмен веществ между кровью и тканями (микроциркуляторное русло). Регуляция кровообращения. Система лимфообращения.

Кровеносная система - это транспортная сеть организма, связывающая между собой все его части. В организме позвоночных животных кровь циркулирует по замкнутой системе кровообращения, и нигде не вступает в непосредственный контакт с клетками. Система кровообращения включает в себя полости

сердца и сеть кровеносных сосудов: артерии, артериолы, капилляры, венулы, вены и артериовенозные анастомозы.

Артерии (гр. аег воздух + тегео содержать) - сосуды, несущие кровь от сердца. Одно время считалось, что в артериях находится воздух, а в венах кровь. Артерии состоят из трех слов: **внутреннего, среднего и наружного**. В зависимости от строения среднего слоя выделяют артерии эластического и мышечного типа.

Вены - сосуды, несущие кровь к сердцу.

Различают **большой и малый** круги кровообращения.

Большой круг кровообращения (системный) - путь от левого желудочка через капилляры органов и тканей до правого предсердия.

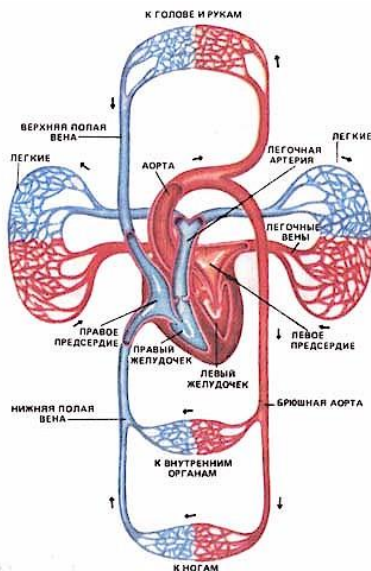


Рис. 50. Схема кругов кровообращения

Малый круг кровообращения (легочный) - путь от правого желудочка через капилляры легочных альвеол до левого предсердия. В 1553 г Мигуэль Сервет открыл малый круг кровообращения. Но его открытие не получило признание т.к. его книги и его самого сожгли протестанты. Честь открытия кровообращения принадлежит **Уильяму Гарвею** (англ. врач 1578-1657). В

1628 году опубликовал труд "Анатомические исследования о движении сердца и крови у животных". Он доказал, что движение крови происходит по большому и малому кругам кровообращения. Гарвей не видел капилляры т.к. в это время не было микроскопа.

Марчело **Мальпиги** (1661 г) обнаружил капилляры и тем самым подтвердил правильность выводов Гарвея.

Центром системы кровообращения является сердце.

Сердце (гр. *cardia*, лат. *cor*) - полый мышечный орган, состоящий у высших животных, из четырех камер: двух предсердий и двух желудочков.

Сердечная мышца (миокард гр. *mys* мышца) - представляет собой особую поперечнополосатую мышцу, имеющую ряд структурных особенностей.

1. Сердечные мышечные клетки (кардиомиоциты) прочно соединены своими концами и заключены в общую саркоплазматическую мембрану (эндомизий). Кардиомиоциты (диаметр клеток 10-15 мкм, а диаметр 30-60 мкм.) контактируют друг с другом посредством вставочных дисков - **нексусов** (участки с низким сопротивлением). Сердечная мышца представляет собой "лоскутное одеяло". Через нексусы осуществляется переход возбуждения с одной клетки на другую. Таким образом, сердечная мышца представляет собой единую структурно-функциональную клеточную сеть.

2. Неодинаковая толщина миокарда. В предсердиях она тоньше, чем в желудочках, а в левом желудочке толще, чем в правом.

3. Мышцы предсердий обособлены от мышц желудочков сухожильным кольцом. Предсердия и желудочки представляют собой отдельные мышечные пласты.

4. Наличие сфинктеров (пучков мышечных волокон) в области венозных устьев.

5. Сердечная мышца более упруга, чем скелетная, благодаря наличию большого числа коллагеновых и эластических волокон, а также густой сети микрососудов (количество капилляров в 2 раза больше чем - в скелетных мышцах).

6. Различают два типа сердечных мышечных клеток: **волокна рабочего миокарда** и **проводящей системы** (атипические мышечные клетки). Атипические мышечные клетки (**Р - клетки**) способны к самопроизвольной генерации мембранного потенциала. Атипические миоциты более крупные (в 2-3 раза),

содержат больше саркоплазмы и гликогена, однако в них мало миофибрилл и митохондрий. Миофибриллы тонкие. Поперечная исчерченность выражена меньше.

Снаружи **миокард** плотно сращен с серозной оболочкой - **эпикардом** (гр. еpi - над), а из внутренней стороны с **эндокардом**, состоящим из соединительнотканной оболочки покрытой эндотелием.

Сердце заключено в сердечную сумку - **перикард**. Между эпикардом и перикардом содержится небольшое количество **серозной жидкости**, увлажняющей поверхность и облегчающей работу сердца.

Предсердия сообщаются с желудочками с помощью предсердно-желудочковых (**атриовентрикулярных** отверстий).

Между предсердиями и желудочками расположены створчатые **клапаны** (атриовентрикулярные).

В правом предсердии расположен **трехстворчатый** (трикуспидальный) клапан, а в левом - **двухстворчатый** (митральный).

Клапаны могут открываться только в сторону желудочков т.к. к их концам прикреплены сухожильные нити, отходящие от папиллярных мышц желудочков. Кроме клапанов в механизме замыкания атриовентрикулярных отверстий немаловажное значение играют кольцевые мышцы.

У входа в сосуды, выходящие из желудочков, расположены **полулунные** клапаны. Клапаны сердца обеспечивают одностороннее движение крови.

Кровоснабжение сердца осуществляется по правой и левой венечным (коронарным артериям) артериями, отходящими от аорты вблизи ее клапана. Кровь от капилляров собирается в коронарные вены, впадающие в правое предсердие. Дополнительную часть крови сердце получает по сосудам Тебезия, которые в предсердиях имеют строение вен, а в желудочках извитых ходов. При больших физических нагрузках (у скаковых лошадей) сердце может дополнительно получать кровь через сосуды Тебезия из желудочков.

Относительные размеры сердца у млекопитающих составляют 0,5 - 0,6 %. Масса сердца находится в прямой зависимости от активности организма, так у кролика она составляет 2,4 г/кг, а у зайца 7,7 г/кг. Масса сердца у человека 250-350 г.

Сокращение миокарда - **систола**, а расслабление **диастола**.

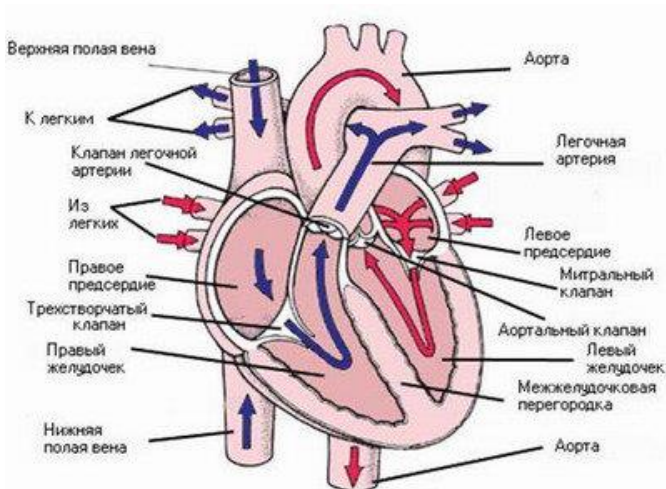


Рис. 51. Строение сердца

Сердечный цикл - совокупность электрических, механических и биохимических процессов, происходящих в сердце в течение одного полного сокращения и расслабления.

Продолжительность одного сердечного цикла (при 75 сокращениях сердца в минуту) составляет 0,8 с. Каждый сердечный цикл, включает по одной систоле и диастоле предсердий и желудочков. Одновременная диастола предсердий и желудочков называется **общей паузой**.

Систола предсердий происходит практически одновременно (правое предсердие сокращается на 10 мс раньше левого). Систола предсердий длится 0,1 с. Давление в предсердиях при этом возрастает на 5-6 мм рт. ст. При этом кровь полностью раскрывает створчатые клапаны и заполняет желудочки. Однако большая часть объема желудочков заполняется раньше (в период их диастолы). Обратный ток крови из предсердий в вены не происходит потому, что в устье полых вен имеются **сфинктеры**, закрывающие отверстия во время систолы предсердий.

Диастола предсердий длится 0,7 секунды, при этом предсердия заполняются кровью из полых и легочных вен.

Систола желудочков совпадает с началом диастолы предсердий. Различают период **напряжения** и период **изгнания**. Сокращение начинается захлопыванием атриовентрику-

лярных клапанов. Возбуждением охватываются все мышечные волокна. Наполненные кровью желудочки сокращаются без изменения объема. Давление при этом резко нарастает (100-120 мм рт. ст. в левом и 20-30 мм рт. ст. в правом желудочке) и открываются полулунные клапаны. С открытием полулунных клапанов начинается период **изгнания**. Давление продолжает расти и достигает значения равного по величине давлению в аорте и легочной артерии (160-180 и 50-60 мм рт. ст.).

Диастола желудочков начинается с захлопыванием полулунных клапанов и состоит из периода **расслабления и наполнения**.

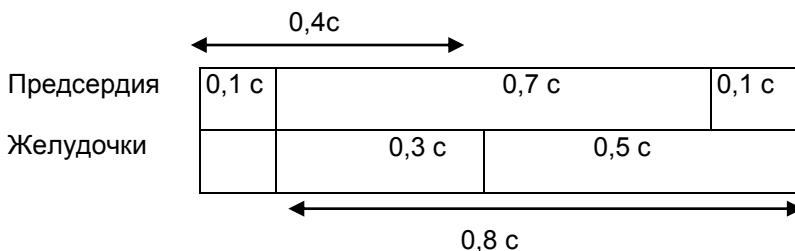


Рис. 52. Схема сердечного цикла

Из схемы видно, что диастола предсердий очень продолжительная и период совместного расслабления (**общая пауза**) составляет 50 % сердечного цикла.

При умеренной **тахикардии** (гр. tachys скорый) более 100 ударов в минуту уменьшается в основном диастола, а при очень частых сокращениях не только происходит сокращение диастолы (в 4-5 раз), но и систолы.

Показателями, характеризующими силу и мощность сердечных сокращений, являются **ударный и минутный** объем сердца.

Ударный (систолический) объем - количество крови, выбрасываемое желудочком в аорту при одной систоле (Эта величина примерно одинакова для обоих желудочков). При спокойном сокращении желудочков выталкивается лишь 50 % крови, а при максимальном - 85 %.

Минутный объем сердца (сердечный выброс)- количество крови, перекачиваемой желудочком сердца за 1 минуту.

Так систолический объем сердца у лошади равен 700 мл, а минутный 23 литра. У человека систолический объем равен 60-70 мл, а минутный 4,5 - 5 литров. При интенсивной мышеч-

ной работе систолический объем сердца увеличивается в 2-3 раза, а минутный достигает до 30-35 литров.

Частота сердечных сокращений зависит от массы тела, возраста, пола, физиологического состояния и др.

Частота сердечных сокращений (уд./мин): слона 25-28, лошади 25-42, крупный рогатый скот 50-75, свиньи 60-80, кролики 100-140, куры 130-200, мыши 550-720, колибри 1000-1200 (в полете).

Редкий ритм называется **брадикардия**, а частый - **тахикардия**.

Работа сердца сопровождается звуковыми явлениями - **тонами**.

Тоны сердца можно выслушать с помощью фонендоскопа. Различают пять тонов, из которых можно прослушать два: **систолический** и **диастолический**.

Диастолический тон звонкий, высокий, короткий, (туп). Он возникает при закрытии полулунных клапанов аорты и легочной артерии и колебании крови вследствие её отдачи.

С помощью чувствительного микрофона можно услышать третий тон, который возникает в ранней диастоле вследствие быстрого притока крови к желудочкам. Этот тон слабый и низкий и четвертый.

У некоторых людей прослушивается четвертый тон, возникающий вследствие колебания крови во время систолы предсердий.

Систолический тон глухой, низкий и протяжный (буу). Он соответствует захлопыванию атриовентрикулярных клапанов и началу систолы желудочков. Он обусловлен колебаниями створок клапанов и прикрепленных к ним сухожильных нитей, а также вибрацией напряженной стенки желудочка.

Автоматия (гр. automatos, самопроизвольный, самодействующий)- способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов возникающих в нем самом.

Автоматия обусловлена наличием в сердце **проводящей системы**, которая включает:

1. Синусно-предсердный узел (Кейт-Флека), расположенный в правом предсердии в области устья краниальной полой вены (А.Keith англ. анатом 1866-1955. M.W.Flack англ. физиолог 1882-1931). **Межузловые пучки**, идущие в стенке предсердия и соединяют между собой синусно-предсердный и атриовентрикулярный узел.

2. **Предсердно-желудочковый узел** или атриовентрикулярный лат. atrium - предсердие и ventriculus - желудочек (узел Ашоффа -Тавары), расположенный в межпредсердной перегородке на границе предсердий и желудочков. Людвиг Ашофф (1866-1942) нем. патологоанатом. Разработал учение о собственной проводящей системе сердца, открыл (совместно с японским исследователем Сунао Таварой) у основания перегородки предсердий скопления своеобразно дифференцированных кардиомиоцитов - предсердно-желудочковый (атриовентрикулярный) узел, который был назван в их честь.

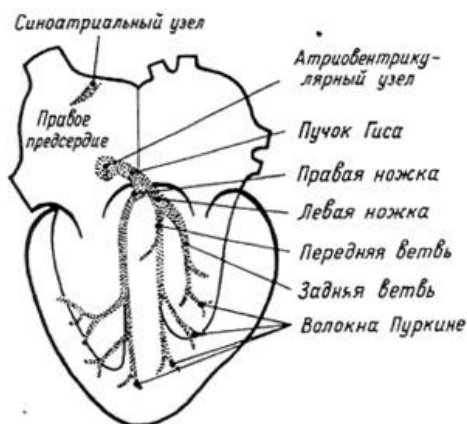


Рис. 53. Проводящая система сердца

3. **Пучок Гиса** (W.His нем. анатом 1863-1934) и его **ножки** (левая и правая).

4. **Волокна Пуркинье** - (I.E.Purkijhe чешский физиолог 1787-1869), конечные разветвления ножек Гиса, которые непосредственно контактируют с кардиомиоцитами желудочков.

Ведущее значение в возникновении импульсов принадлежит **Р-клеткам** синусно-предсердного узла. Этот узел называют **пейсмекер** (англ. pace maker - впереди идущий) или водитель сердечного ритма. Он генерирует разряды с частотой 60-90 импульсов в минуту.

Другие элементы проводящей системы могут генерировать менее частые импульсы: предсердно-желудочковый 40-50, пучок Гиса 30-35 и волокна Пуркинье 20 импульсов в минуту.

Снижение степени автоматии проводящей системы называется **градиент автоматии**. В обычных условиях генерирует импульсы только синусно-предсердный узел. Подавление синусным узлом автоматии других отделов проводящей системы обеспечивает нормальный ритм деятельности сердца.

Возбудимость способность сердца отвечать на раздражение возбуждением (т.е. возникновением потенциала действия 80-90 мВ). Возбуждение (в отличие от нервов и скелетных мышц), возникающее в миокарде, охватывает все волокна.

Сердечная мышца отвечает на пороговые и сверхпороговые раздражители сокращением одинаковой силы, а на допороговые не отвечает т.е. работает по принципу "**все или ничего**". Возбуждение возникшее в одной клетке распространяется на весь миокард. Это обусловлено тем, что кардиомиоциты связаны друг с другом при помощи вставочных дисков (**нексусов**), обладающих очень низким сопротивлением. Сердечная мышца представляет собой синцитий (syncytium syn вместе + cytus клетка) - единую в функциональном отношении многоклеточную структуру.

Проводимость способность сердца проводить возбуждение, возникшее в синусном узле ко всем сократительным элементам. Скорость проведения возбуждения по проводящей системе не одинакова. Так в рабочем миокарде скорость проведения возбуждения составляет 1 м/с, в волокнах проводящей системы предсердий и в волокнах пучка Гиса она высокая 2-4 м/с, а в атриовентрикулярном узле очень низкая 0,02-0,05 м/с. Задержка проведения возбуждения в атриовентрикулярном узле (10-30 мс) способствует более полному переходу крови из предсердий в желудочки.

Сократимость способность сердечной мышцы сокращаться и совершать работу. Согласно закону **Франка-Старлинга** (О. Frank, 1865-1944, нем. физиолог; E. H. Starling, 1866-1927, англ. физиолог) сила сокращения мышцы сердца тем больше, чем больше растянуты ее волокна во время диастолы. Т.е. систолический (ударный) объем крови тем выше, чем больше поступает крови в желудочки во время диастолы, т.е. чем сильнее растянуты камеры сердца.

Рефрактерность невосприимчивость миокарда, находящегося в состоянии возбуждения, к действию других раздражителей. Различают **абсолютную и относительную** рефрактерность. В период **абсолютной** рефрактерности сердце не отве-

чае ни на какие раздражения. Этот период занимает все время систолы и часть диастолы желудочков. Длительность периода рефрактенности связан с продолжительностью ПД, который составляет 200 - 400 мс (превышает аналогичный показатель у скелетных мышц более чем в 100 раз). Поэтому тетанические (длительные) сокращения сердечной мышцы невозможны.

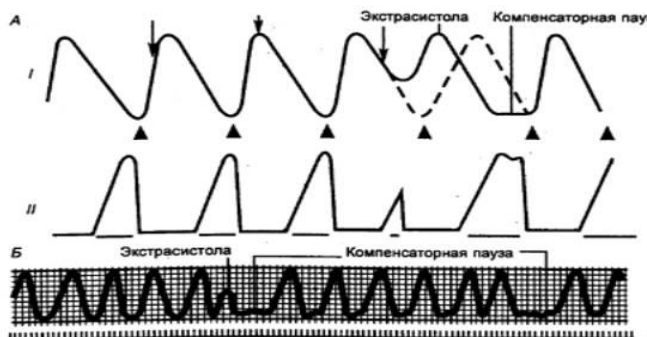


Рис. 54. Экстрасистола и компенсаторная пауза

В период **относительной** рефрактерности, совпадающей с диастолой желудочков, миокард может ответить только на очень сильный раздражитель внеочередным сокращением.

Внеочередное сокращение **экстрасистола** (лат. extra вне, снаружи, сверху) предсердий или желудочков может возникнуть только при нанесении сверхпорогового дополнительного раздражения лишь в середине или конце диастолы. После желудочковой экстрасистолы, наступает **компенсаторная пауза** (т.е. выпадает один цикл). Длительная рефрактерность, обеспечивает прерывистый характер возбуждения (даже при непрерывном раздражении).

Экстрасистола может быть **синусной** (возбуждение возникает в синусном узле, когда рефрактерный период закончился, но очередной автоматический импульс еще не появился) и **желудочковой** (возбуждение возникает в одном из желудочков, за которой следует компенсаторная пауза, при неизменном ритме работы предсердий).

Трепетание - асинхронное сокращения отдельных волокон миокарда до 400 в минуту, а мерцание и фибрилляция до 600 в минуту. При таком сокращении сердце не может нагнать

кровь. При этом воздействуют ударом электрического тока.

Электрокардиография регистрация биотоков (электрической активности) сердца. Кривая, полученная в результате записи биотоков сердца, называется **электрокардиограммой** (ЭКГ). Для регистрации ЭКГ используют три стандартных отведения: (I - правая пясть - левая пясть; II - (основное) правая пясть левая - плюсна; III - левая пясть левая плюсна). Наибольшую величину зубцов отмечают при втором отведении, при этом регистрируются биотоки всего сердца.

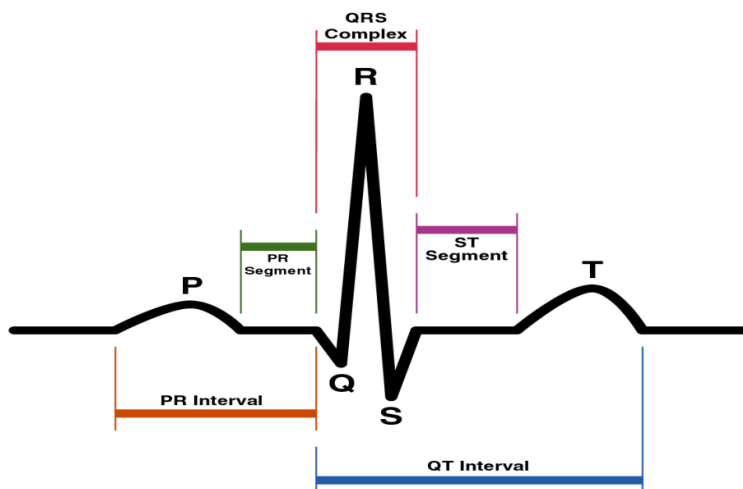


Рис. 55. Электрокардиограмма

Зубец P - деполяризация (возбуждение) предсердий. Зубец Q- начало деполяризация желудочков. Зубец R - основной зубец деполяризации желудочков. Зубец S - окончание деполяризации желудочков. Зубец T - реполяризация желудочков. Характеризует обмен веществ в сердечной мышце.

Совокупность зубцов (QRS - деполяризация желудочков. Интервал между зубцами P и Q соответствует времени прохождения возбуждения от предсердий к желудочкам (через атриовентрикулярный узел), а интервал между зубцами T и P - общей паузе.

Оценка ЭКГ производится по **высоте, форме, направлению** зубцов, **длительности и частоте** интервалов и др.

Сердце обладает совершенным механизмом приспособ-

ления к постоянно меняющимся условиям, в которых находится организм.

Сердце способно в определенных пределах управлять собственной деятельностью, независимо от нервных и гуморальных влияний, с помощью **интракардиальных** (внутренних) механизмов.

Интракардиальная регуляция обеспечивается собственной **нервной системой** сердца и **свойствами миокарда**. В сердечной мышце имеются **рецепторы** растяжения, афферентные, вставочные и эфферентные нейроны, которые образуют внутрисердечные рефлекторные дуги, замыкающиеся в интрамуральных ганглиях миокарда.

В естественных условиях внутрисердечная нервная система не является автономной, а представляет лишь периферическое звено единой, нервной регуляции.

Экстракардиальная (внешняя) осуществляется под действием вегетативной нервной системы (симпатической и парасимпатической).

Нейроны первого порядка симпатической нервной системы, осуществляющие регуляцию работы сердца, расположены в боковых рогах первых 6 сегментов грудного отдела спинного мозга. От них идут преганглионарные волокна к шейным и грудным симпатическим ганглиям, где расположены нейроны второго порядка, от которых идут постганглионарные волокна к сердечному сплетению, а затем синусно-предсердному, атриовентрикулярному узлам и мышцам желудочков.

Волокна, идущие к узлам, регулируют **частоту**, а волокна, идущие к мышцам желудочков - **силу** сокращений.

Под влиянием симпатической нервной системы происходит увеличение **возбудимости** (батмотропное действие), **проводимости** (дромотропное действие) и как следствие **силы** (инотропное действие) и **частоты** сокращений (хронотропное действие).

Нейроны первого порядка **парасимпатической** нервной системы, иннервирующие сердце, расположены в продолговатом мозге. Их отростки (аксоны) образуют блуждающий нерв. Эти отростки оканчиваются в **интрамуральных** (внутриорганных) ганглиях сердца. Здесь находятся нейроны второго порядка. Постганглионарные отростки идут к синусно-предсердному узлу, мышечным волокнам предсердий и атриовентрикулярному узлу.

Под влиянием парасимпатической нервной системы сни-

жается **возбудимость, проводимость, сила и частота** сердечных сокращения.

Тормозящее влияние на работу сердца установили братья Э. и Е. Вебер в 1845 году.

Братья И.Ф. Цион и С.Ф. Цион в 1887 г. установили увеличение **частоты** сердечных сокращение под влиянием симпатического нерва.

И.П. Павлов в 1887 г. установил увеличение **силы** сокращения под действием **симпатических** нервов (выполняющих трофическую функцию).

На работу вегетативной нервной системы оказывают влияние высшие центры представленные структурами **лимбической системы и новой коры больших полушарий**. Они осуществляют регуляцию работы сердца через **гипоталамус**.

Влияние коры головного мозга на деятельность сердца подтверждается исследованиями с выработкой у животных условных рефлексов. Например, если звуковой раздражитель сочетать с надавливанием на глазное яблоко, то затем только один звуковой раздражитель вызывает урежение сердцебиений.

Рефлекторные изменения работы сердца возникают при раздражении рецепторов, образующих **рефлексогенные зоны** в кровеносных сосудах **дуге аорты и каротидном синусе** (разветвление сонной артерии).

Так, например, эмоциональное состояние (страх, волнение, злость) повышают активность сердечно сосудистого центра.

Гуморальная регуляция (или химическая) осуществляется за счет физиологически активных веществ. Так, медиатор симпатической нервной системы, **норадреналин** усиливает сердечную деятельность, а парасимпатической **ацетилхолин** замедляет.

Усиливают сердечную деятельность: **адреналин, тироксин и трийодтиронин** и др.

Адреналин и норадреналин стимулируют α рецепторы, что вызывает активацию **аденилатциклазы**, которая ускоряет синтез ц-АМФ, который активирует **фосфорилазу**, расщепляющую гликоген до глюкозы.

Избыток K^+ резко снижает возбудимость и может вызвать остановку сердца в период диастолы. Ионы Ca^{++} наоборот увеличивают силу сокращений

Стенка артерий сосудов состоит из трех оболочек:

1. **Внутренний** (tunica intima), образован слоем эндотели-

альных клеток.

2. **Средний** (tunica media), образован несколькими слоями круговых, гладких мышц.

3. **Наружный** (tunica adventitia), образован рыхлой соединительной тканью.

В зависимости от функции и строения различают следующие группы сосудов:

1. **Амортизирующие сосуды** (сглаживающие) артерии эластического типа - наиболее крупные **магистральные** артерии и артерии, прилегающие к ним. Стенки этих сосудов содержат мало гладкомышечных элементов и много эластических и коллагеновых волокон, которые ограничивают чрезмерное растяжение.

Эти сосуды обладают хорошо выраженными упругими свойствами, поддерживают кровяное давление и обеспечивают непрерывность движения крови. При сокращении сердца, выбрасываемая кровь растягивает их эластические стенки, что способствует некоторому снижению давления, а при расслаблении сердца они пассивно сокращаются, что способствует повышению давления. Если бы стенки сосудов не растягивались, то давление между сокращениями сердца упало бы до нуля. Эти сосуды неспособны регулировать просвет и кровяное давление. Под давлением крови просвет этих сосудов увеличивается в 3 раза.

2. **Сосуды сопротивления** (резистивные) артерии мышечного типа - в основном прекапиллярные терминальные артерии и артериолы. Артерии мышечного типа имеют толстые гладкомышечные стенки. Артериолы имеют малый просвет (менее 100 мкм) и два-три слоя гладкомышечных клеток. В самых мелких артериолах (диаметром менее 35 мкм) гладкомышечные клетки формируют один два слоя. Гладкая мускулатура этих сосудов иннервируются симпатическими сосудосуживающими волокнами. Эти сосуды могут активно изменять свой просвет, а следовательно, регулировать кровоснабжение органов.

3. **Сосуды сфинктеры** (гр. sphincter обруч) - последние отделы прекапиллярных артериол. От их сужения или расширения зависит число функционирующих капилляров.

4. **Обменные сосуды** - капилляры (лат. capillus волос). Стенка капилляра состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, расположенных на тонкой базальной мембране и не содержат гладкомышечных элементов. Капилляры не способны к сокращениям. Между соседними клетками есть узкие щели, через которые проходит вода и питательные вещества. Длина капил-

ляра колеблется от 0,3 до 0,7 мм (300 -750 мкм), а диаметр в среднем 6-8 мкм. Диаметр капилляра меньше человеческого волоса в 50 раз.

Различают 3 типа капилляров:

1. Капилляры с непрерывной стенкой. Образованы сплошным слоем эндотелиальных клеток, в мембранах которых имеются многочисленные поры (4-5 нм). Такие капилляры встречаются в скелетных и гладких мышцах, легких.

2. Капилляры с фенестрированной (лат. fenestrae окно) стенкой диаметром 0,1 мкм. Такие капилляры встречаются в клубочках почек и стенке кишечника.

3. Капилляры с прерывистой стенкой и большими интерстициальными просветами. Такие капилляры встречаются в красном костном мозге, синусах печени и селезенки. Через эти просветы могут проходить клетки крови только поодиночке. В покое 3/4 капилляров временно выключено из кровообращения. Давление в артериальном конце капилляра 30-35, а в венозном 10-15 мм рт. ст. Общий диаметр всех капилляров в 600-800 раз больше чем аорты, поэтому скорость движения крови значительно меньше 0,3-0,5 мм/с.

Артериолы и вены соединены при помощи **метартериолы** или основного канала. Капилляры в месте отхождения от артериолы или метартериолы окружены слоем гладкомышечных клеток, образующих прекапиллярные сфинктеры (гр. sphyncter обруч).

В большинстве случаев капилляры не соединяют непосредственно артериолы с венами, а чаще они отходят от метартериолы под прямым углом («истинные» капилляры). Отношение числа метартериол к числу истинных капилляров в скелетных мышцах составляет 1:10. В 1 мм³ миокарда, головного мозга, печени и почек примерно 2500-3000 капилляров. Однако в состоянии покоя кровь циркулирует лишь в 25-35 % всех капилляров. При сокращении прекапиллярных сфинктеров, кровь течет только через метартериолу. Метартериолы шунтируют капиллярное русло и поддерживают кровоток в данном участке при выключенном капиллярном кровообращении. В капиллярах происходит диффузия газов, фильтрация воды и питательных веществ. Они содержат 7 % крови, и создают сопротивление 27 %. Длина всех капилляров 60-80 тыс. км. Количество капилляров в сердечной мышце составляет 5500 в мм².

В стенке метартериолы имеются гладкомышечные клетки, количество которых убывает (от проксимального конца к ди-

стальному).

Капилляры и метартериолы собираются в **посткапиллярные** венулы диаметром 8-30 мкм. Эти венулы впадают в **собирательные** венулы диаметром 30-50 мкм. Собирательные венулы впадают в **мышечные** венулы (диаметром 50-100 мкм), которые имеют два слоя гладкомышечных клеток. Из венул кровь поступает в мелкие **собирательные** вены (диаметром 100-300 мкм), в средней оболочке которых имеется несколько слоев гладкомышечных клеток.

5. Емкостные сосуды - венозный отдел сердечнососудистой системы. Они вмещают 75 % всей крови и при этом создают незначительную часть периферического сопротивления. Вены по строению сходны с артериями, но их средняя (мышечная) оболочка имеет значительно меньше гладкомышечной ткани. Наружная оболочка толстая и содержит относительно много коллагеновых и мало эластических волокон. Вены имеют, клапаны (за исключением полых вен). Они легко растяжимы.

6. Шунтирующие сосуды - артерио-венозные анастомозы, мелкие сосуды (диаметром до 45 мкм – в печени, в других органах от 8 до 30 мкм) обеспечивающие прямую связь между мелкими артериями и венами без циркуляции крови в капиллярах и метартериолах (в коже). Они имеются в коже, печени, почках, легких. В обычных условиях артерио-венозные анастомозы закрыты, и кровь течет через капиллярную сеть. При понижении температуры они открываются, и кровь непосредственно поступает из артерии в вену.

Давление крови в артериях зависит от объема крови, поступающей из сердца и от периферического сопротивления сосудов.

Наибольшее давление отмечается в левом желудочке и по мере удаления артерий давление в них снижается. Это связано с тем, что часть энергии расходуется на преодоление сопротивления.

В период систолы давление в артериях максимальное, а во время диастолы минимальное.

Систолическое давление отражает работу сердца (сердечный выброс) и эластические свойства магистральных сосудов.

Диастолическое давление отражает состояние периферического сопротивления.

Разность между максимальным и минимальным называется пульсовым давлением. Пульсовое давление характеризует величину систолического объема.

В больших венах давление ниже атмосферного на 2-6 мм рт. ст. (отрицательное).

Поскольку сердце выбрасывает кровь в сосуды порциями, то кровоток в артериях носит **пульсирующий** характер. Скорость движения крови максимальная при систоле и минимальная при диастоле. В области периферических артерий и артериол пульсирующий кровоток исчезает.

Непрерывность движения крови в артериях обусловлена эластическими свойствами крупных магистральных сосудов.

При систоле стенки сосудов расширяются, и часть кинетической энергии крови переходит в потенциальную энергию эластического напряжения сосудов. Во время диастолы эластическая стенка артерий спадает, и накопившаяся потенциальная энергия движет кровь (т.е. поддерживает кровоток во время диастолы).

Скорость кровотока в различных сосудах неодинаковая, что связано с суммой площади поперечного сечения сосудов. Суммарная площадь всех капилляров в 800 раз больше, чем аорты, поэтому скорость крови в капиллярах самая низкая 0,5 мм /с (0,05 см/с).

Площадь поперечного сечения аорты равна у коров 8 см², у человека 4 см² (это самое узкое место в кровеносной системе), поэтому здесь самая высокая скорость кровотока 50-60 см/сек.

Суммарная величина площади поперечного сечения всех вен в 1,2-1,8 раз больше площади сечения аорты, поэтому скорость движения крови в венах возрастает до 20-30 см/с.

В венах и венах (емкостные сосуды) содержится 75 % общего объема крови, однако эти сосуды создают лишь 7 % общего периферического сопротивления.

В артериях и артериолах (резистивные сосуды) содержится лишь 18 % общего объема крови, однако эти сосуды создают 66 % периферического сопротивления.

Скорость кругооборота крови составляет, у человека 20-25 сек., крупного рогатого скота 32, свиньи и овцы 13, лошади 40, собаки 21, кролика 8 секунд.

Около 80-85 % крови находится в большом круге кровообращения, остальная часть – в малом (9 %) и сердце (7 %).

Объем крови, протекающий через аорту и полые вены или через легочную артерию и легочные вены, одинаков. Сердечный выброс равен венозному возврату. При нарушении работы одного из клапанов гемодинамика нарушается.

Ток крови в сосудах может быть ламинарным (laminae) в виде тонких слоев (равномерным) или турбулентным (с завихрениями). При возрастании линейной скорости до некоторой величины возникают завихрения. Завихрения возникают в местах разветвления крупных сосудов, здесь чаще возникает артериосклероз.

Важным звеном сосудистой системы является **микроциркуляторное русло**, которое состоит из: мелких артерий, артериол, метартериол, капилляров, венул, мелких вен и артериовенозных анастомозов.

Анастомозы играют важную роль в регуляции капиллярного кровообращения. В обычных условиях артериовенозные анастомозы закрыты, и кровь течет через капиллярную сеть.

Таблица 2 - Давление, скорость, объем и сопротивление крови в сосудах

Сосуды	Давление, мм рт.ст	Скорость, см/с	Объем, %	Сопротивление, %
Артерии	80-120	40-50	15	19
Артериолы	50-90	10-20	3	47
Капилляры	15-30	0,05	7	27
Венулы	10-15	10-20	12	3
Вены	0-10	20-30	63	4

Терминальные артериолы ветвятся на сосуды двух типов: истинные **капилляры** и **метартериолу**. Капилляры в месте отхождения от артериолы окружены слоем гладкомышечных клеток, образуя прекапиллярные сфинктеры.

Метартериола пересекает все капиллярное русло и вливается в венулу. Метартериола шире, чем истинный капилляр. В ее стенке имеются гладкомышечные клетки.

Движение крови через капиллярную сеть, регулируют гладкомышечные клетки метартериолы и прекапиллярных сфинктеров.

В артериальном конце капилляра происходит **фильтрация** питательных веществ (за исключением белков и других крупных молекул), а венозном **абсорбция**. Это обусловлено разницей в величине гидростатического и онкотического давления в капиллярах и тканевой жидкости. Гидростатическое давление способствует выходу жидкости в ткани, а онкотическое - препятствует. Примерно 90 % поступившей воды в межклеточ-

вую жидкость всасывается в венозном конце капилляра.

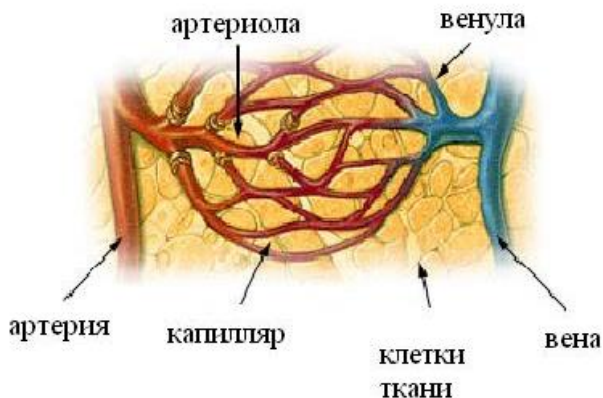


Рис. 56. Микроциркуляторное русло

Обмен веществ в микроциркуляторном русле происходит путем **диффузии, фильтрации, пиноцитоза.**

Жидкость плазмы, проходя через капилляры, успевает 40 раз полностью обменяться (в 1 минуту обменивается примерно 60 л жидкости). Через стенку капилляров свободно диффундируют O_2 , CO_2 , алкоголь, вода, соли, глюкоза (проницаемость ниже чем у воды в 2 раза). Крупные молекулы могут проходить через капиллярную стенку путем пиноцитоза.

По разным частям тела кровь распределена неравномерно. Наиболее интенсивное кровообращение в почках, печени, сердце, головном мозге, эндокринных органах. Увеличение активности организма сопровождается увеличением кровоснабжения. Механизм регуляции кровоснабжения связан с изменением работы сердца и периферического сопротивления сосудов, т.е. диаметра мелких артерий и артериол.

Регуляция кровяного давления осуществляется нейрогуморально. Центральная нервная система оказывает свое регулирующее влияние через вегетативную нервную систему. Сосудодвигательный центр, регулирующий тонус сосудов расположен в продолговатом мозге на дне четвертого мозгового желудочка. Центр имеет два отдела прессорный и депрессорный.

Прессорный центр получает импульсы от барорецепторов (гр. *baros* давление), расположенных в полых венах. В ре-

зультате чего происходит возбуждение прессорного центра и под действием симпатических нервов происходит сужение артерий и повышение кровяного давления.

Депрессорный центр получает импульсы от рецепторов, расположенных в дуге аорты и каротидном синусе (разветвление сонной артерии). В результате чего происходит возбуждение депрессорного центра и под действием парасимпатических нервов происходит расширение артерий и понижение кровяного давления.

Рецепторы, расположенные в сосудах образуют сосудистые **рефлексогенные** зоны.

Сосудодвигательный центр находится в состоянии постоянного возбуждения, что обеспечивает тонус сосудистой системы.

Сосудодвигательный центр получает импульсы также и от **хеморецепторов**, которые расположены в дуге аорты и сонных артериях, а также в сосудах сердца, селезенки, надпочечников, почек. Эти рецепторы чувствительны к содержанию в крови CO_2 , O_2 и др. веществ. Раздражение этих рецепторов, вызывает повышение тонуса сосудов (**прессорный центр**).

Симпатическая нервная система вызывает сужение сосудов и способствует повышению кровяного давления (снижает кровоток). Однако ее сосудосуживающий эффект не распространяется на сосуды головного мозга, сердца, скелетных мышц и легких.

Парасимпатическая нервная система вызывает расширение сосудов. Центры симпатической и парасимпатической нервной системы контролируются сосудодвигательным центром продолговатого мозга.

Сосудодвигательный центр находится под влиянием коры больших полушарий. Это подтверждается выработкой условных рефлексов и влиянием эмоционального состояния на кровяное давление.

Такие химические вещества как гистамин, гипертензин, ацетилхолин, простагландины, брадикинин, атропин, АТФ, обладают сосудорасширяющим, а адреналин, вазопрессин, окситоцин, ангиотензин, серотонин - сосудосуживающим действием (за исключением сосудов мозга и сердца).

В организме наряду с кровеносной системой имеется и система лимфатических сосудов, по которым возвращается в кровь тканевая жидкость.

Система лимфообращения состоит из **лимфатических**

капилляров, сосудов, узлов и протоков (грудного и шейного).

Лимфатические капилляры **замкнутые** имеют большой диаметр (10-200 мкм). Лимфатические капилляры слепые, лишены базальной мембраны. Имеют большие щели между эндотелиоцитами в связи с чем, обладают высокой проницаемостью. Имеют разнообразную форму (в виде перчатки) и способны к растяжению. Лимфатические посткапилляры имеют клапаны.

Все ткани пронизаны лимфатическими капиллярами, которые образуют тончайшую сеть. Соединяясь, капилляры образуют мелкие лимфатические сосуды, а последние более крупные.

По ходу лимфатических сосудов расположены лимфатические узлы (у корня легких, в складках брыжейки, под кожей в области лопаток, в паху на шее, вокруг глотки и др. местах). В лимфатических узлах задерживаются инородные частицы различные вещества и бактерии. Лимфатические узлы выполняют функцию биологического фильтра. В лимфатических узлах происходит **лимфоцитопоз**. При патологии лимфатические узлы увеличиваются. Макрофаги захватывают инородные частицы и бактерий, а лимфоциты вступают в контакт с антигенами, после чего превращаются в плазматические клетки, и продуцируют антитела.

В стенках более крупных лимфатических сосудов имеются гладкомышечные клетки и клапаны. Крупные лимфатические сосуды впадают в грудной и шейный лимфатический протоки, которые в свою очередь открываются в полые вены.

Лимфа (гр. *lympha* чистая вода) - всосавшаяся в лимфатические капилляры тканевая жидкость. Лимфа представляет собой бесцветную, прозрачную жидкость с плотностью 1,015.

В ней содержатся белки (2-6 %), небелковые азотсодержащие вещества, липиды, глюкоза, соли, гормоны, ферменты, витамины, антитела.

Реакция лимфы щелочная (рН 7,5-9).

После приема жирной пищи она становится непрозрачной - молочно белого цвета. В лимфатических сосудах кишечника, а также грудного лимфатического протока находится взвесь капелек жира (хиломикронов - гр. *chylos* сок+ *mikros* малый - мельчайшие частицы ресинтезированных триглицеридов, холестерина, фосфолипидов и глобулинов, заключенных в липопротеиновою оболочку).

В лимфе грудного протока содержится от 5 до 20 тыс./мм³ лимфоцитов и в небольшом количестве гранулоциты и моноциты. В лимфе отсутствуют эритроциты и тромбоциты.

Лимфа способна свертываться, т.к. в ней содержится фибриноген.

В основе теории образования лимфы лежит фильтрационная теория. Образование лимфы происходит в результате разницы гидростатического давления в кровеносных капиллярах и тканевой жидкости.

Увеличение гидростатического давления крови в капиллярах способствует образованию лимфы, а повышение онкотического давления препятствует.

Фильтрация жидкости из крови происходит в начальном (артериальном) конце капилляра, а возвращается она в кровь в венозном.

В артериальном конце капилляра гидростатическое давление составляет 30-35 мм рт. ст., а в венозном 10-15 мм рт.ст.

Онкотическое давление крови 20 - 30 мм рт.ст.

Сила **фильтрации** = гидростатическое давление (в артериальном конце капилляра) минус онкотическое давление (30 мм рт.ст. - 20 мм рт.ст. = 10 мм рт.ст.). Сила **реабсорбции** = онкотическое давление минус гидростатическое давление в венозном конце капилляра (20 мм рт.ст. - 15 мм рт.ст. = 5 мм рт.ст.). Если сила **фильтрации** больше силы реабсорбции, то идет образование лимфы. В результате фильтрации жидкости из капилляра в венозном его конце онкотическое давление повышается.

Наибольшее количество лимфы образуется в печени, что имеет большое значение для транспорта синтезированных в ней белков. У коровы за сутки образуется до 24 литров лимфы, а у человека 2 л.

Скорость движения лимфы очень низкая 20-30 см за 1 мин.

Функции лимфы:

1. Дренажная - удаление из тканей избытка жидкости.
2. Защитная.
3. Возвращение белков в кровь.
4. Всасывание жиров и их транспорт.

Факторы обеспечивающие движение лимфы:

1. Силы, способствующие непрерывному образованию лимфы (гидростатическое давление крови).
2. Работа мышц и органов.
3. Наличие клапанов в лимфатических сосудах.
4. Ритмическое сокращением стенок грудного протока. Этот проток называют вторым сердцем (лимфатическим).
5. Отрицательным давлением в плевральной полости.

Тема: Дыхание

Вопросы: Сущность дыхания. Этапы дыхания. Характеристика органов дыхания. Механизм вдоха и выдоха. Типы и частота дыхания. Обмен газов в легких и тканях. Транспорт газов кровью. Регуляция дыхания. Механизм первого вдоха. Дыхание при повышенном и пониженном атмосферном давлении. Особенности дыхания у птиц.

Дыхание - совокупность процессов, в результате которых происходит потребление организмом кислорода и выделение углекислого газа.

Различают следующие этапы дыхания.

1. Внешнее дыхание - обмен воздуха между внешней средой и альвеолами легких.

2. Диффузия газов в легких - кислород поступает из альвеол в кровь, а углекислый газ из крови в альвеолы.

3. Транспорт газов кровью - кислород транспортируется от легких к тканям, а углекислый газ от тканей к легким.

4. Диффузия газов в тканях - кислород поступает из крови в ткани, а углекислый газ из тканей в кровь. Диффузия - движение газа в виде растворенного вещества по градиенту концентрации

5. Клеточное дыхание - потребление кислорода клетками и выделение углекислого газа.

К органам дыхания относятся **воздухоносные пути и легкие**. Воздухоносные пути состоят из полости **носа, гортани, трахеи, бронхов и бронхиол**. Слизистая оболочка их выстлана мерцательным эпителием (с большим количеством ресничек) и бокаловидными клетками, вырабатывающими слизь. В стенке трахеи и бронхов имеется хрящевой остов - каркас.

Воздухоносные пути называют "**вредным**" или "**анатомическим мёртвым пространством**", поскольку воздух, находящийся в них не участвует в газообмене. Его объем у человека составляет в среднем 150 мл (или 25-30 % объема дыхательного воздуха).

В воздухоносных путях происходит **согревание и увлажнение** воздуха, **очищение** его от инородных частиц и микроорганизмов. За 70 лет в легких человека (если бы не реснички) скопилось бы 5 кг пыли.

В верхних дыхательных путях имеются **рецепторы**, осуществляющие **защитные рефлексы** (кашель, чихание). В слизистой оболочке носовой полости заложены **обонятельные ре-**

цепторы.

Полость среднего уха соединяется с глоткой посредством евстахиевых труб, открывающимися внутренними носовыми отверстиями (хоаны), способствующих **выравниванию давления воздуха внутри барабанной полости** по отношению к наружному, что предохраняет барабанную перепонку от повреждений при перепадах атмосферного давления.

Анатомическое мертвое пространство - просвет воздухоносных путей, в котором не происходит газообмен. Следовательно, объем воздуха, участвующего в вентиляции альвеол, составляет около 350 мл. Этот воздух во время вдоха попадает в альвеолы и смешивается с газом (воздухом), составляющим функциональную остаточную емкость.

Легкие состоят из **соединительной ткани и паренхимы**. Соединительная ткань разделяет каждую долю легких на более мелкие **дольки**. Паренхима легких состоит из **альвеол** (в легких человека 300-500 млн. диаметром 200-300 мкм).

Морфологической и функциональной единицей легкого является **ацинус** (лат. acinus виноградная ягода). Ацинус включает респираторную бронхиолу (диаметр 0,5-0,7 мм) и отходящие от нее альвеолярные ходы, заканчивающиеся альвеолами (диаметр 0,2 - 0,3 мм). Один ацинус содержит 400-600 альвеол. 12 - 20 ацинусов формируют легочную дольку. Площадь легочных альвеол у человека составляет до 150 м²

Стенки альвеол состоят из однослойного, плоского эпителия, имеющего с наружной стороны эластические волокна, обуславливающие эластическую тягу легких. Т.е. при выдохе альвеолы возвращаются в первоначальное положение. При выдохе альвеолы полностью не спадают благодаря наличию на внутренней стенке поверхностно активных веществ - **сурфактантов** (фосфолипиды и липополисахариды), главными из которых являются лецитины (выявлено свыше двадцати фракций этих веществ).

Сурфактанты снижают поверхностное натяжение и не позволяют полностью спадать альвеолам при выдохе.

Снаружи альвеолы окружены густой сетью капилляров.

Эпителий альвеол образует с эндотелием капилляров легких **азрогематический барьер**, препятствующий проникновению большинства бактерий и инородных частиц из воздуха в кровь. Общая толщина стенки альвеол и капилляров составляет 0,6 - 0,8 мкм. Кроме того, в альвеолах содержатся альвеолярные

макрофаги.

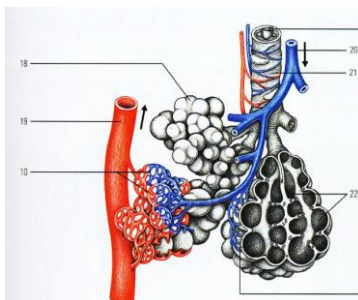
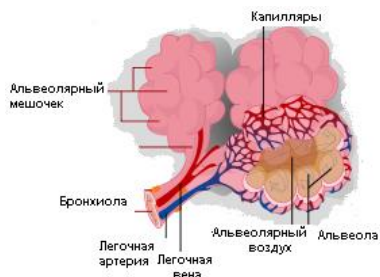


Рис. 57. Схема строения и кровоснабжения ацинуса

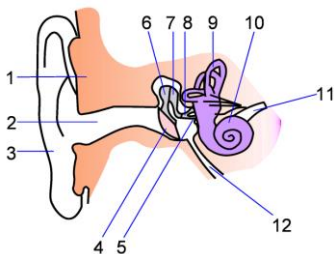


Рис. 58. Связь среднего уха с носоглоткой

Дыхательные пути

Верхние дыхательные пути

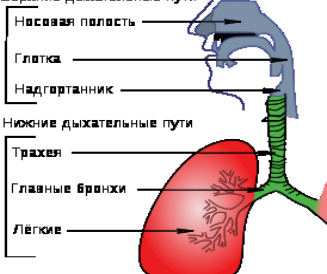


Рис. 59. Верхние и нижние воздухоносные пути

Аэрогематический барьер включает: 1 - сурфактант (3% толщины барьера); 2 - цитоплазма альвеолоцита I типа плоские, неправильной формы (95-97% поверхности альвеолы); 3 - базальная мембрана (общая для альвеолы и капилляра); 4 - эндотелий капилляра; 5 - альвеолоцит II типа, кубической формы (2-5% поверхности альвеолы), вырабатывает сурфактант; 6 - интерстициальная соединительная ткань легкого.

Соединительная ткань легких содержит помимо коллагеновых, много эластических волокон, которые придают легким эластичность и обуславливают эластическую тягу легких, т.е. способность легких противодействовать растяжению. Эластическая тяга легких является основным фактором, формирующим отрицательное давление в плевральной.

Снаружи легкие покрыты серозной оболочкой - **плеврой**,

образованной двумя листками. **Висцеральный** (легочный) листок плотно прилегает к поверхности легкого, а **париетальный** (пристеночный) срастается с внутренней стенкой грудной клетки. Париетальный листок состоит из трех частей реберной, диафрагмальной и средостенной. Между двумя листками имеется щелевидное пространство - **плевральная полость**, заполненная **серозной** жидкостью. Благодаря этому оба плевральных листка прочно сцеплены. Каждое легкое находится в обособленном серозном мешке.

Пространство между правым и левым легким называется **средостением**. Здесь находится трахея, сердце, сосуды и нервы.

Внутриплевральное давление (в силу эластической тяги легких) ниже атмосферного при выдохе на 3-4 мм рт. ст., а при вдохе на 9-10 мм рт. ст. Поэтому при вдохе и выдохе размеры легких точно следуют за размерами грудной клетки. При глубоком вдохе отрицательность составляет 11-12 мм рт. ст., а при глубоком выдохе отрицательность составляет 2-3 мм рт. ст.

Вдох происходит при сокращении **наружных межреберных** мышц и мышц **диафрагмы**. Межреберные мышцы приподнимают ребра, слегка поворачивают их вокруг оси и отводят в стороны и вперед, а грудину - вниз. В результате сокращения диафрагмы купол ее уплощается, и опускается в брюшную полость. При интенсивном дыхании принимают участие мышцы грудной и брюшной стенки.

Выдох осуществляется пассивно. При расслаблении дыхательных мышц грудная клетка в силу своей тяжести и эластичности реберных хрящей возвращается в исходное положение. При работе выдох становится активным за счет сокращения внутренних межреберных мышц и мышц живота.

В зависимости от того, связано ли расширение грудной клетки преимущественно с поднятием ребер или уплощением диафрагмы, различают **грудной** (реберный) и **брюшной** (диафрагмальный) тип дыхания.

Раньше считалось, что у женщин преобладает грудной, а у мужчин брюшной тип дыхания. Тип дыхания зависит от возраста (с возрастом уменьшается подвижность грудной клетки) и профессии. У лиц занимающихся физическим трудом и певцов преобладает брюшной тип дыхания. У женщин в последние месяцы беременности брюшное дыхание затруднено. Брюшной тип дыхания наиболее эффективный т.к. при таком дыхании лучше вентилируются легкие (открываются реберно-

диафрагмальные **синусы**).

Частота дыхательных движений зависит от вида, массы тела, физиологического состояния, возраста и пола животного.

Частота дыхания некоторых животных за 1 мин: лошадь 8-16, крупный рогатый скот 12-25, свинья 10-18, коза 12-16, курица 18-34, собака 14-24, рыба 12-30, мышь 200. Обычно частота дыхания в 4-5 раз меньше частоты сердечных сокращений.

Частота дыхания у взрослого человека в покое равна: 16 - 20 у мужчин, 16 - 24 у женщин, у детей 20 - 30, у грудных 30 - 40 и новорожденных 40 - 50 движений в минуту. Частота дыхания у спортсмена 6-10.

Диффузия газов происходит вследствие разности парциального давления, из области большего давления в область меньшего.

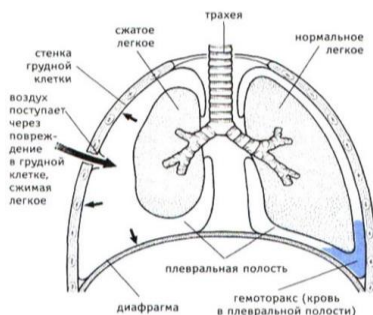


Рис. 60. Пневмоторакс

Парциальное давление - это часть общего давления газовой смеси, приходящегося на долю того или иного газа.

Например: при атмосферном давлении 760 мм рт. ст. и содержании кислорода в атмосфере - 21% парциальное давление кислорода составит:

760 мм рт. ст. - 100 %

X мм рт. ст. - 21 %, $X = (760 \cdot 20,94):100 = 159$ мм рт. ст.

Кислород транспортируется в основном в химически связанном состоянии с гемоглобином (оксигемоглобин) и только 2-3 % в растворенном состоянии. Большая часть **углекислого газа** (80 %) транспортируется в виде гидрокарбоната натрия (в плазме) и гидрокарбоната калия (в эритроцитах), 10% в связанном с гемоглобином состоянии и лишь 10 % в физически растворенном виде.

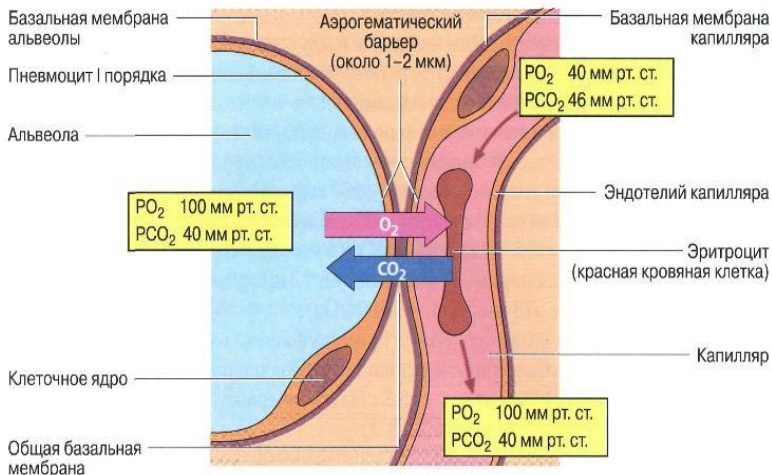


Рис. 61. Газообмен в легких

Дыхание - саморегулирующийся процесс, ведущее значение в котором имеет **дыхательный центр**, расположенный в **ретикулярной формации продолговатого мозга**, в области дна четвертого мозгового желудочка (установил Н.А. Миславский).

Таблица 3 - Состав вдыхаемого, альвеолярного и выдыхаемого воздуха, %

Газ	Вдыхаемый	Альвеолярный	Выдыхаемый
O_2	20,94	14,20	16,30
CO_2	0,03	5,20	4,00
N_2	79,03	80,60	79,70

Дыхательный центр состоит из **центра вдоха** (инспирации) и **центра выдоха** (экспирации). В верхней части варолиева моста находится **центр пневмотаксии**, который координирует деятельность центров вдоха и выдоха. Во время вдоха он вызывает возбуждение центра выдоха и наоборот. Дыхательный центр обладает **автоматией**. Он посылает импульсы к мотонейронам **диафрагмального нерва** и **межреберным** нервам, нейроны которых расположены в передних рогах 3-4 шейного сегмента и грудном отделе спинного мозга.

При **вдохе** от рецепторов, расположенных в альвеолах, по блуждающему нерву импульсы поступают в дыхательный центр, в результате происходит торможение вдоха (при выдохе - торможение выдоха).

Таблица 4 - Парциальное давление (напряжение) газов в организме, мм рт. ст.

Газ	Вдыхаемый воздух	Альвеолярный воздух	Венозная кровь	Артериальная кровь	Тканевая жидкость
O ₂	159	100	→ 40	95	→ 20
CO ₂	0,3	40	← 47	40	← 60
N ₂	595	573	573	573	573

На глубину и частоту дыхания оказывает влияние кора больших полушарий (эмоциональное состояние, болевые ощущения, предстартовое состояние).

Гуморальная регуляция осуществляется в результате накопления **двуокси углерода, водородных ионов**, и снижения содержания **кислорода**, (гипоксия) в крови, что оказывает прямое воздействие на дыхательный центр или через хеморецепторы (расположенные в каротидных синусах и стенке дуги аорты), что приводит к возбуждению дыхательного центра и ускорению ритма дыхания. Подтверждает гуморальную регуляцию опыт Фредерика с перекрестным кровообращением у собак.

У плода легкие не функционируют, и газообмен происходит через пупочные кровеносные сосуды. Легкие находятся в спавшем состоянии. При рождении обрывается пуповина, что приводит к резкому понижению напряжения кислорода и быстрому накоплению в крови CO₂ и других продуктов обмена, которые возбуждают дыхательный центр.

При первом вдохе ребра поднимаются вверх и в стороны и их головки фиксируются в соответствующих ямках позвонков и вернуться в прежнее положение они не могут. Поэтому легкие остаются несколько растянутыми.

При погружении под воду на каждые 10 метров давление повышается на 1 атм. На глубине 100 метров давление составит 11 атмосфер. При таком давлении в крови и тканях человека растворяется большое количество газов, среди которых особенно опасным является азот (так как он находится в большом ко-

личестве и не может использоваться тканями организма). Азот хорошо растворим в жирах и липоидах, поэтому накапливается в большом количестве в мозгу и нервных стволах.

При быстрой декомпрессии (т.е. переходе от повышенного давления к нормальному давлению) происходит выделение газов в жидкостях и тканях организма и образуется большое количество газовых пузырьков (эффект шампанского). Пузырьки кислорода быстро потребляются тканями и исчезают. Образовавшиеся пузырьки азота закупоривают капилляры, что приводит к нарушению кровообращения (**кессонная болезнь**). При этом возникают боли в суставах, головокружение, рвота, одышка и потеря сознания. При постепенном снижении давления азот выводится через легкие наружу.

В настоящее время при погружении водолаза на большую глубину азот заменяют гелием, который почти нерастворим в воде. Любительское погружение на сжатом воздухе не более 45 м (для женщин не более 20). Техническое погружение до 66 метров.



Рис. 62. Барокамера

Фридайвинг - ныряние под воду с задержкой дыхания. Так в Швейцарии Петер Колат смог провести под водой без воздуха 19 минут и 21 секунду. У женщин бразильянка Карол Мэер установила рекорд 10 июля 2009 года 18 минут 32 секунды. По условиям соревнования можно вдохнуть кислород из баллона за 10 минут до погружения.

В настоящее время всемирно признанный рекорд погружения на глубину без акваланга принадлежит жителю княжества Монако Пьеру Фрола. 6 июля 2004 года он опустился на глубину в 123 метра, привязав к себе 28-килограммовый груз. На поверхность он поднимался посредством собственных рук и ласт на ногах.

Самое глубокое в мире погружение без акваланга осуществил австриец Герберт Ницш, его рекорд составил 214 метров. Рекорд погружения с аквалангом принадлежит французу Паскалю Бернабе (5 июля 2005 года). Спортсмен менее чем за 10 минут опустился на глубину в 330 метров. Вместе с тем, обратное всплытие заняло у него почти 9 часов.



Рис. 63. Эверест

Давление над уровнем моря равно 760 мм рт. ст. (т.е. 1 атм.) В верхних слоях атмосферы давление уменьшается и соответственно с этим снижается парциальное давление кислорода. На высоте 3000 м атмосферное давление уменьшается на 1/3 и составляет 510 мм рт. ст., на высоте 6000 м - на 1/2 - 380 мм рт. ст. и на высоте 9000 м оно снижается на 2/3 - 200 мм рт. ст. На высоте 3000 м человек чувствует себя удовлетворительно. У него усиливается вентиляция легких, ускоряется кровообращение, а через несколько часов увеличивается содержание гемоглобина.

При подъеме на высоту 4000 - 6000 м снижается напряжение кислорода в крови (**гипоксемия**) и возникают расстройство физиологических функций (**горная болезнь**).

Эверест (Джомолунгма) расположен в Гималаях на границе Непала и Тибетского автономного района (Китай), Северная

(главная) вершина (8848 м) расположена на территории Китая. На вершине Джомолунгмы сила ветра до 200 км/ч, и температура воздуха ночью понижается до -60°C .

Таблица 5 - Изменение давления в зависимости от высоты над уровнем моря

Высота над уровнем моря,	Давление, мм рт. ст.
0	760
3000	510
6000	380
9000	200
15000	80

На высоте 15000 м давление воздуха равно 80 мм рт. ст. В этих условиях даже при дыхании чистым кислородом (с помощью кислородного прибора) парциальное давление в альвеолярном воздухе значительно ниже нормы и не обеспечивает достаточного поступления кислорода в кровь. Поэтому при полетах в стратосфере необходимы герметичные кабины или индивидуальные герметические скафандры, в которых поддерживается нормальное давление.

Особенности дыхания у птиц:

1. Нет диафрагмы (развита очень слабо).
2. Небольшие легкие (объем у кур 13 см^3).
3. Наличие воздухоносных мешков, выпячивания которых проникают в выросты трубчатых костей. Объем воздухоносных мешков у кур составляет $130\text{-}150\text{ см}^3$. У птиц шейные, переднегрудные, заднегрудные, и брюшные воздухоносные мешки парные, межключичные, сливаются в один непарный мешок.
4. Двойное дыхание (при вдохе воздух идет через легкие в задние брюшные и грудные мешки, а при выдохе через возвратные бронхи снова поступает в легкие).
5. Нет легочной плевры (легкие прочно прикреплены к ребрам).
6. Вдох и выдох осуществляются за счет активного мышечного сокращения.
7. Дыхательная паренхима легких представлена слепыми выростами, образованными стенками парабронхов (воздушными капиллярами), которые окружены соединительной тканью и образуют воронки.

8. Высокий уровень обмена веществ. Общий объем дыхательной системы у птиц в 3 раза больше, чем у млекопитающих такой же живой массы.

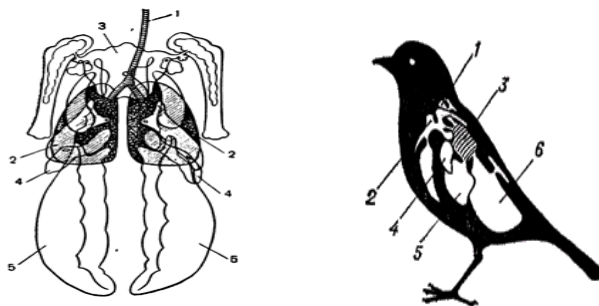


Рис. 64. Воздухоносные мешки птиц

Частота дыхательных движений зависит от вида, массы тела, физиологического состояния, возраста и пола животного. Частоту дыхания определяют у животных следующими способами: по движению ребер и мышц живота; с помощью фонендоскопа по шумам в области трахеи и легких; по движению воздуха во время выдоха (поднося тыльную сторону кисти руки к носу животного).

Для определения жизненной емкости легких необходимо взять сухой спирометр установить его стрелку на ноль. Протереть мундштук спиртом. Нос зажать пальцами. Стоя сделать глубокий вдох и взяв мундштук спирометра в рот произвести максимальный выдох.

Жизненная емкость легких у человека зависит от возраста, роста, пола и физического развития. Его величина может быть определена по данному эмпирическому уравнению: для мужчин ЖЕЛ = $2,5 \cdot \text{рост (м)}$; для женщин ЖЕЛ = $2,3 \cdot \text{рост (м)}$.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) - максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после самого глубокого вдоха. Жизненная емкость легких состоит из дыхательного объема, резервных объемов вдоха и выдоха в отличие от общей емкости, в ее состав не входит остаточный объем воздуха. Объем жизненной емкости легких у человека составляет в среднем 3-5 литров.

Дыхательный объем - воздух, который вдыхается при спокойном вдохе. Объем этого воздуха равен у человека 0,3-0,6л, у лошади 5-6 л, коровы 4,5-6 л.

Резервный объем вдоха, или дополнительный воздух -

максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после обычного вдоха; у здорового человека он составляет в среднем 1,5 литров.

Резервный объем выдоха, или резервный воздух - максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после обычного выдоха. У человека он составляет в среднем 1,5 литров, у лошади 10-12 литров, у коровы 5-7 литров.

Остаточный объем легких, или остаточный воздух - то количество воздуха, которое остается в легких после максимального выдоха. У человека он составляет в среднем 1-1,5 литров, у лошади 10 литров.

Общая емкость легких - количество воздуха, содержащееся в легких в конце максимального вдоха, она равняется сумме жизненной емкости и остаточного объема.



Рис. 65. Спирометры

Функциональная остаточная емкость легких - объем воздуха, остающийся в легких после спокойного выдоха, в ее состав входят резервный объем выдоха и остаточный объем легких (остаточный воздух).

Показателем вентиляции легких является **минутный объем дыхания (МОД)** - т.е. количество воздуха вдыхаемого (или выдыхаемого) за одну минуту. Минутный объем дыхания равен произведению дыхательного объема на частоту дыхательных движений.

Однако этот показатель недостаточно характеризует эффективность дыхания, поскольку часть воздуха находящаяся во "вредном пространстве" не участвует в газообмене.

Например: Определить минутный объем легочной вентиляции у двух человек, если первый за одну минуту делает 10 дыхательных движений, а второй 20. Объем дыхательного воздуха равен соответственно 600 и 300 мл. Минутный объем ды-

хания будет равен у первого $10 \cdot 600 \text{ мл} = 6000 \text{ мл}$, а у второго $20 \cdot 300 \text{ мл} = 6000 \text{ мл}$.

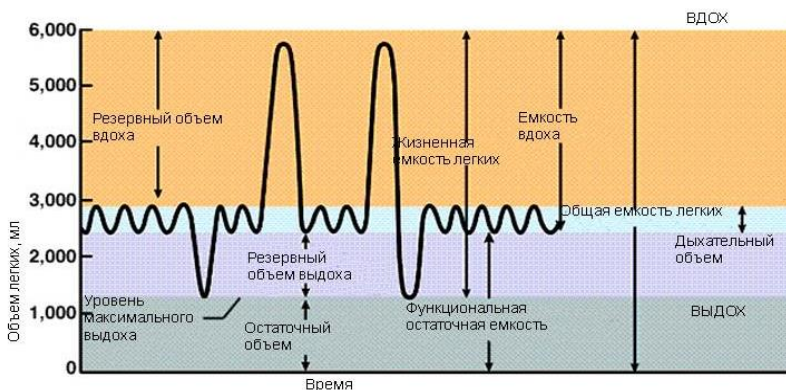


Рис. 66. Дыхательные объемы и емкости легких

Объем "мертвого пространства" составляет у человека примерно 150 мл. С учетом этого объема, воздух, прошедший через альвеолы легких составит (**альвеолярная вентиляция**): у первого человека $6000 \text{ мл} - (150 \text{ мл} \cdot 10) = 4500 \text{ мл}$, а у второго $6000 \text{ мл} - (150 \text{ мл} \cdot 20) = 3000 \text{ мл}$. Таким образом, более эффективным будет дыхание при медленном, но глубоком дыхании.

Норма объема воздуха на человека $2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Если комната размером $4 \text{ м} \cdot 4 \text{ м} = 16 \text{ м}^2$, то для 2 человек этого воздуха достаточно на 10 часов, для 3 человек на 6,66 часов, для 4 человек на 5 часов.

Для определения степени обновления воздуха в легких при одном вдохе рассчитывают **коэффициент легочной вентиляции** - т.е. отношение объема вдыхаемого воздуха к альвеолярному, выраженное в процентах.

Например: При объеме дыхательного воздуха у человека 500 мл в альвеолы легких поступит $500 \text{ мл} - 150 \text{ мл} = 350 \text{ мл}$. Альвеолярная порция воздуха состоит из остаточного и резервного (функциональная остаточная емкость) $1000 \text{ мл} + 1500 \text{ мл} = 2500 \text{ мл}$. Таким образом коэффициент легочной вентиляции составит $(350 \text{ мл} : 2500 \text{ мл}) \cdot 100 = 14,0 \%$.

Таким образом, при вдохе воздух обновляется на 1/7 часть. В результате низкой степени обновления воздуха состав газа в

альвеолах достаточно постоянный и даже при физической нагрузке не происходит резкого перепада его химического состава.

Кислородная емкость крови это максимальное количество кислорода, которое может быть связано 100 мл крови при её полном насыщении. Масса грамм-молекулы $O_2 = 22400$, а одной полипептидной цепи гемоглобина 16400. Отсюда 1 г Hb теоретически может присоединить 1,36 мл O_2 . Однако фактически эта величина составляет 1,34 мл. Каждые 100 мл крови содержат 20 мл кислорода, т. е. кислородная емкость артериальной крови равна 20 объемным процентам.

Тема: Пищеварение

Вопросы: Сущность пищеварения. Функции органов пищеварения. Типы пищеварения. Методы изучения функций органов пищеварения. Механизм голода и жажды.

Пищеварение в полости рта Прием корма и воды. Жевание и глотание. Состав и функции слюны. Особенности слюноотделения у с.-х. животных Регуляция слюноотделения. Пищеварение в желудке. Классификация желудков. Строение однокамерного, простого желудка. Состав и свойства желудочного сока. Роль ферментов и соляной кислоты. Регуляция секреции желудочного сока. Моторная функция желудка. Особенности пищеварения в желудке свиньи, лошади и кролика.

Пищеварение в желудке жвачных. Строение желудка жвачных. Пищеварение в рубце: Микрофлора рубца. Превращение азотистых веществ. Обоснование скармливания жвачным не белковых азот содержащих веществ. Переваривание углеводов. Переваривание липидов. Роль сетки и книжки в пищеварении. Пищеварение у молодняка жвачных в молочный и переходный периоды. Моторика преджелудков. Жвачка. Пищеварение в сычуге.

Пищеварение в кишечнике. Строение тонкого кишечника Состав и свойства сока поджелудочной железы. Регуляция секреции сока поджелудочной железы Состав и свойства желчи. Образование и выделение желчи. Состав и свойства кишечного сока. Регуляция секреции кишечного сока. Пристеночное пищеварение. Моторная функция тонкого кишечника и ее регуляция. Механизм всасывания питательных веществ. Пищеварение в толстом кишечнике.

Особенности пищеварения у птиц.

Пищеварение - процесс расщепления сложных органических соединений (белков, жиров и углеводов) до простых соеди-

нений, лишенных видовой специфичности и способных к всасыванию и использованию организмом.

Витамины и минеральные вещества усваиваются организмом в нативном (лат. *nativus* врожденный, неизменный) виде.

Пищеварение включает следующие процессы:

1. **Механические** (изменение размеров, плотности, консистенции).

2. **Физико-химические** (набухание, растворение под действием желчи, HCl).

3. **Биологические** (ферментативный гидролиз сложных органических соединений - полимеров до простых - мономеров).

Функции органов пищеварения:

1. **Секреторная** - выработка и выделение соков содержащих пищеварительные ферменты.

2. **Моторная** - принятие, измельчение, перемешивание, продвижение пищи и удаление не переваренных остатков.

3. **Всасывание** (абсорбция) - переход воды и продуктов расщепления в кровь и лимфу.

4. **Экскреторная** - выделение конечных продуктов обмена веществ из внутренней среды организма.

5. **Синтез** витаминов, белков, липидов, углеводов с участием микроорганизмов.

6. **Инкреторная** - выработка гормонов регулирующих секрецию пищеварительных соков (гастрин, секретин, холецистокинин и др.).

Виды пищеварения:

1. **Внутриклеточное** - захватывание и переваривание пищи внутри клетки за счет внутриклеточных ферментов. Пиноцитоз и фагоцитоз (у простейших, лейкоциты млекопитающих). Различают цитоплазматическое, за счет ферментов цитоплазмы, и вне плазматическое в специализированных внутриклеточных полостях (вакуолях) с участием ферментов лизосом.

2. **Полостное** (внеклеточное) - в полости желудочно-кишечного тракта за счет ферментов пищеварительных соков.

3. **Пристеночное** (мембранное) - переваривание питательных веществ на поверхности слизистой оболочки тонкого отдела кишечника за счет ферментов структурно связанных с мембраной.

4. **Внешнее** - у пауков, бактерий, моллюсков. Бактерии выделяют ферменты в среду, а затем поглощают образовавшиеся мономеры.

5. **Коллективное** - у пчел, термитов.

6. **Симбиотическое** - у жвачных бактерии и простейшие.

Основным методом исследований функций органов пищеварения является Павловская фистульная методика, позволяющая получить чистый желудочный и кишечный сок, а также выведение протоков пищеварительных желез. Гистохимическая методика позволяет установить наличие определенных ферментов слизистой ЖКТ. Для регистрации сократительной деятельности ЖКТ применяют баллонографический метод, радиотелеметрический, рентгенологический и др.

Метод ангиостомии (гр. *angeion* сосуд + *stoma* отверстие) - изучение состава крови притекающей и оттекающей от ЖКТ. К стенке кровеносного сосуда прикрепляют тонкую металлическую трубку, а другой конец подшивают к коже. Для взятия крови в трубку вводят иглу.

Метод меченых атомов (введение радиоактивных изотопов) позволяет определить скорость всасывания и распределение питательных веществ.

Голод - ощущение, вызываемое возбуждением пищевого центра.

Пищевой центр - комплекс функционально взаимосвязанных структур ЦНС, регулирующих пищевое поведение и координирующих деятельность пищеварительного тракта.

Пищевой центр представлен отделами коры больших полушарий, образованиями лимбической системы, ретикулярной формацией (ствола мозга), гипоталамусом, продолговатым мозгом и др. отделами ЦНС.

Центром ощущения голода и насыщения являются ядра **гипоталамуса**. Раздражение **латеральной** области гипоталамуса вызывает усиленное потребление корма, а раздражение **вентрамедиальных** отказ от пищи.

Возбуждение соответствующих центров гипоталамуса осуществляется за счет нервных импульсов поступающих от ЖКТ и гуморальных раздражителей.

Основными гуморальными факторами, вызывающими чувство голода, являются уровень глюкозы, свободных жирных кислот, аминокислот, метаболитов (кислоты цикла Кребса у плотоядных и ЛЖК у жвачных) в крови, а также снижение запасов питательных веществ в организме.

Жажда (ощущение потребности животного в воде) возникает в результате снижения запасов воды в организме и нару-

шении нормального соотношения между H_2O и $NaCl$. При жажде уменьшается потоотделение, появляется сухость во рту, снижается диурез, повышается температура тела, учащается дыхание и сердцебиение.

Ощущение жажды происходит в результате раздражения осморецепторов в гипоталамусе, механорецепторов слизистой рта, а также соответствующих рецепторов в крупных венах.

К органам полости рта относятся губы, щеки, десны, зубы, твердое и мягкое небо, язык и слюнные железы.

Крупный рогатый скот захватывает траву (сено, силос) языком, покрытым острыми ороговевшими сосочками. Корова удерживает траву между резцами нижней челюсти и зубной пластиной резцовой кости верхней челюсти и обрывает ее рывком головы. Комбикорм корова может захватывать губами.

Овцы захватывают траву подвижной раздвоенной верхней губой и языком. Траву обрезают резцами.

Лошади захватывают траву подвижными губами, затем фиксируют резцами и резким движением головы вниз или в сторону отрывают. При поедании из кормушки лошадь пользуется языком.

Свиньи, захватывают корм при помощи языка и губ.

Воду (лошади, жвачные и свиньи) пьют, опуская в нее сомкнутые губы, с небольшим отверстием, и насасывают жидкость благодаря отведению нижней челюсти и языка к глотке.

Жевание - механическая обработка корма. Жевание - рефлекторный акт и происходит при раздражении рецепторов полости рта.

Корм дробится и перетирается коренными зубами благодаря движению челюстей в вертикальном и боковом направлении. Центр, регулирующий работу жевательных мышц, расположен в продолговатом мозгу (часть пищеварительного центра, а высшие инстанции в гипоталамусе и коре больших полушарий).

У коров при жевании нижняя челюсть движется то влево, то вправо относительно верхней челюсти (т.е. боковые движения нижней челюсти). Жевание одностороннее с периодическим чередованием сторон. Во время первого пережевывания корм измельчается слабо (до частиц 1,5 см). Животные заглатывают едва сформировавшийся ком. Обычно корова совершает 15-30 жевательных движений. При кормлении зерном значительная часть зерен попадает в рубец в целом виде. Более тщательно корм измельчается во время отрыгивания и пережевывания жвачки.

Лошади пережевывают корм тщательно. Жуют на одной стороне челюстей и меняют стороны с большими интервалами (через 30-60 минут). На каждую проглоченную порцию они совершают 30-50 жевательных движений.

Свиньи при поедании плотного корма на каждую порцию затрачивают 30-35 жевательных движений.

Плотоядные животные почти не пережевывают пищу. Они отрезают зубами куски мяса и проглатывают их.

Глотание - акт рефлекторный. Центр глотания находится в продолговатом мозгу. При касании пищевым комом неба, основания (корня) языка или глотки раздражаются рецепторы, от которых по **языкоглоточному** нерву импульсы поступают к центру глотания. От данного центра эфферентные импульсы (по волокнам подъязычных, тройничных, языкоглоточных и блуждающих нервов) поступают к мышцам полости рта, глотки, гортани, пищевода.

Пищевой ком при движении пересекает дыхательные пути, однако, не попадает в них. В фазу глотания мягкое небо, поднимаясь, прикрывает вход в носоглотку (хоаны), а надгортанник (под давлением корня языка) перекрывает вход в гортань. Пищевой ком быстро проталкивается в нижние отделы глотки, а затем в воронкообразное расширение пищевода.

Как только комок пищи попал в глотку, происходит сокращение передних дужек мягкого неба, что не позволяет вернуться кому в полость рта. При сокращении мышц глотки пищевой ком проталкивается в пищевод.

Во время глотания давление в глотке резко повышается и открывается глоточно-пищеводный сфинктер.

Продвижение пищевого комка вдоль пищевода осуществляется благодаря расслаблению мышц впереди комка и сокращению их позади. В шейной части пищевода мышцы поперечно-полосатые, а в остальных участках гладкие.

Во время глотания дыхательные движения задерживаются.

При прохождении пищи по пищеводу раздражаются рецепторы, вызывающие рефлекторное расслабление кардиального сфинктера (пропускающего пищу в желудок).

Слюна - секрет слюнных желез. В полость рта впадают протоки 3-х пар крупных застенных слюнных желез - **околоушные** (50% слюны), **подчелюстные** (10%) и **подъязычные** (2-3%). Кроме этого в слизистой оболочке подлости рта имеется большое количество мелких пристенных желез - **губные, языч-**

ные, небные, щечные (35 % всей слюны).

Различают **слизистые** (вырабатывающие вязкую, богатую муцином слюну) и **серозные** (вырабатывающие жидкую, водянистую слюну) железистые клетки.

В зависимости от соотношения этих клеток различают **слизистые, серозные и смешанные** слюнные железы.

К слизистым относят железы неба, щек и корня языка (пристенные).

К серозным - околоушные и железы боковых поверхностях языка.

К смешанным - подчелюстная, подъязычная и железы слизистой губ.

Слюна представляет собой вязкую, бесцветную жидкость с плотностью 1,001-1,009 щелочной реакции. Она содержит 99 % (98-99,5 %) воды.

В состав слюны входят **муцин** (гликопротеид, обуславливающий вязкость), **лизоцим** (фермент мурамидаза, обладающий бактерицидным действием (особенно много у плотоядных), **белки** (белки плазмы, иммуноглобулины, ферменты), аминокислоты, аммиак, мочевины, мочевую кислоту **электролиты** (катионы Na, K, Ca, Mg- и анионы HCO₃, Cl, H₂PO₄ и др.). Слюна содержит **амилазу и мальтазу**, расщепляющие крахмал, декстрины и мальтозу до глюкозы. У человека в слюне содержится 2/3 органических веществ и 1/3 минеральных.

Функции слюны

1. Размягчение корма.
2. Формирование и проглатывание пищевого кома.
3. Бактерицидная и дезинфицирующая.
4. Экскреторная.
5. Кровоостанавливающее действие.
6. Экстрагирование вкусовых веществ корма.
7. Ферментативная.
8. Буферная (регуляция кислотно-щелочного равновесия, нейтрализует избыточную кислотность).
9. Терморегуляторная.
10. Защитная (освобождение от инородных не пищевых веществ).

Особенности слюноотделения у жвачных:

1. Обильное слюноотделение 90 -190 л.
2. Непрерывный (спонтанный) характер секреции. Околоушные железы выделяют слюну непрерывно, увеличивая ее во

время еды и жвачки. Это обусловлено наличием в преджелудках химуса, который раздражает механо- и хеморецепторы.

3. Высокая щелочность (8,1-8,8)

4. Большое содержание бикарбонатов (0,6-0,8%), фосфора, электролитов, азотсодержащих веществ (36 мг% из них мочевины 20-25 мг%).

5. Отсутствие ферментов.

6. Низкое поверхностное натяжение.

7. Наличие витамина С.

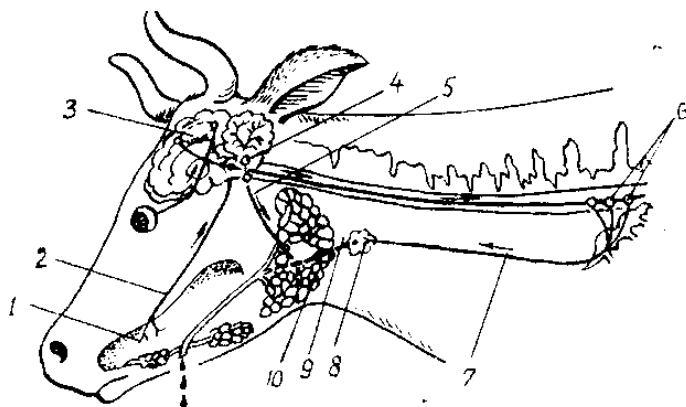


Рис. 67. Слюнные железы

Особенности слюноотделения у лошадей

1. Слюна выделяется периодически (со стороны жевания).

2. Количество секретируемой слюны до 40 л.

3. Слабощелочная реакция (рН 7,3-7,5).

4. Содержание ферментов не высокое.

Особенности слюноотделения у свиней

1. Слюна выделяется периодически.

2. Количество секретируемой слюны до 8 л (при поедании сухого корма до 12 л, а влажного 3-4 л).

3. Слабощелочная реакция (рН 7,2-8,4).

4. Высокая амилолитическая активность.

Слюноотделение - рефлекторный акт, который осуществляется под влиянием безусловных (из полости рта) и условных (вид, запах пищи, место кормления и время) раздражений. Центр слюноотделения расположен в продолговатом мозге. Афферент-

ные (чувствительные) импульсы поступают в центр слюноотделения по **тройничному** (V пара), **лицевому** (VII пара), **языкоглоточному** (IX пара), **блуждающему** (X пара) **нервам**.

Из слюноотделительного центра к слюнным железам импульсы поступают по симпатическим и парасимпатическим нервам.

Симпатические нервы, иннервирующие слюнные железы, отходят от **II-IV грудного** сегмента спинного мозга и идут к **верхнему шейному** (краниальному) ганглию. Под влиянием симпатической системы выделяется мало слюны, но она богата органическими веществами. Под влиянием парасимпатической нервной системы выделяется большое количество жидкой водянистой слюны с малым содержанием органических веществ.

Подчелюстные и подъязычные железы иннервируются **лицевым** нервом (барабанная струна веточка этого нерва), окологлазные железы - **тройничным** (ушно-височный нерв веточка этого нерва).

Болевые раздражения, страх, гнев, тормозят секрецию слюны.

Характер секреции и состав слюны зависит от консистенции и состава корма. На сухую пищу выделяется больше слюны, чем на влажную. При введении в рот отвергаемых веществ (речной песок, раствор кислоты) выделяется большое количество жидкой (бедной органическими веществами) слюны (отмывная). При кормлении пищей богатой крахмалом в слюне увеличивается содержание амилазы.

Из мелких желез слюна отделяется непрерывно, предохраняя слизистую рта и глотки от высыхания. Во время приема корма секреция слюны резко увеличивается. При достаточной силе раздражения слюноотделение наступает через 1-3 секунды, при слабой через 20-30 секунд. Слюноотделение продолжается в течение всего времени пока действует раздражитель.

Желудок - является важным органом пищеварительной системы и выполняет следующие функции:

1. Резервуарная (накопление пищевой массы).
2. Химическая (HCl) и ферментативная переработка пищи (пепсин, химозин, липаза).
3. Стерилизация пищевой массы (HCl).
4. Механическая переработка (разбавление слизью и перемешивание с желудочным соком).
5. Всасывание (вода, соли, сахар, алкоголь и т.д.).
6. Эндокринная (гастрин, серотонин, мотилин и др.).
7. Экскреторная (выделение из крови в полость желудка

аммиака, мочевой кислоты, мочевины, креатинина и др.).

8. Выработка антианемического фактора (фактор Кастан), без которого становится невозможным всасывание витамина В₁₂, необходимого для нормального гемопоэза.

Различают однокамерные (простые и сложные) и многокамерные желудки. Однокамерный простой (плотоядные животные) в слизистой оболочке имеет железы, вырабатывающие желудочный сок. Однокамерный сложный (лошади, свиньи) в слизистой оболочке имеются участки, лишенные желез.

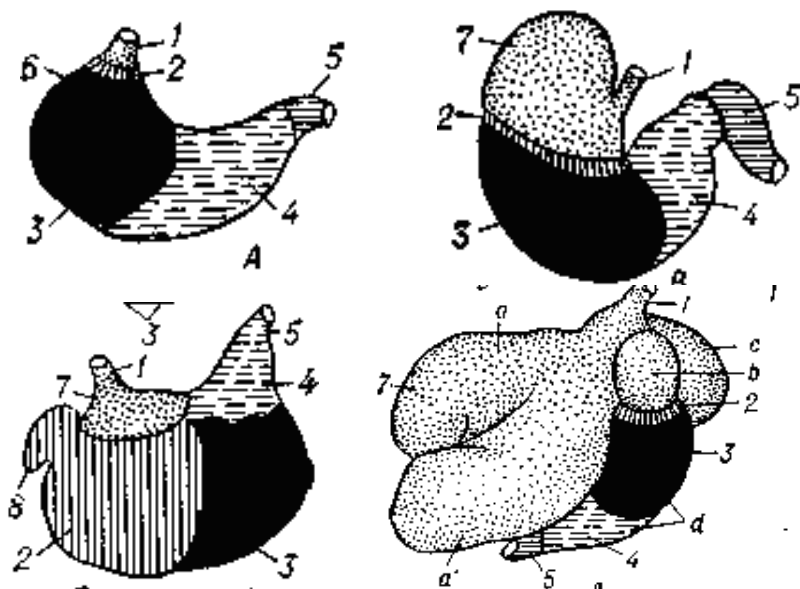


Рис. 68. Желудки: А - собаки; Б - лошади; В - свиньи; Г - жвачных

Желудок (гр. gaster, gastor) мускулистый мешок, находящийся между пищеводом и кишечником. Стенка желудка состоит из трех слоев: **серозного** (наружного), **мышечного** (среднего) состоящего из продольного, кругового и косога слоя гладких мышц и **слизистого** (внутреннего) слоев. На 1 мм² желудка до 100 железистых клеток. В слизистой оболочке имеются железы, состоящие из главных, обкладочных и добавочных клеток.

Таблица 6 - Соотношение желудка, тонкого и толстого ки-

щечника, %.

Отдел	Корова	Лошадь	Свинья
Желудок	70	10	30
Тонкий кишечник	18	30	35
Толстый кишечник	12	60	35

Главные клетки вырабатывают ферменты, **обкладочные** (париетальные) соляную кислоту, **добавочные** слизь (рН слизи 7,8-8,4).

В кардиальной зоне (вход в желудок) имеются **добавочные** клетки, в фундальной (дно желудка) **главные, обкладочные** и **добавочные**, в пилорической (выход из желудка) **главные** и **добавочные** клетки.

Желудочный сок - бесцветная прозрачная жидкость кислотной реакции (рН 0,8-1,2), содержит 99-99,2 % воды, плотность 1,006-1,009, кислотность 0,45-0,6%. Желудочный сок содержит органические и неорганические вещества. Из органических белки (ферменты), полипептиды, аминокислоты, креатин, мочевины, мочевая кислота, молочная кислота и др. Из неорганических соляная кислота, катионы (Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++}), анионы (Cl^- , HPO_4^- , SO_4^- , HCO_3^-).

Ферменты

1. **Пепсин** - вырабатывается в неактивной форме в виде пепсиногена, активируется соляной кислотой (при этом происходит отщепление пептида, содержащего аргинин). Считается, что пепсиноген является смесью нескольких пептидаз, из которых образуется две группы пепсинов: пепсин-I (рН оптимум 1,8-2,2) и пепсин-II (рН оптимум 3,0-3,5). Пепсин вызывает гидролиз пептидных связей белка. При этом образуются в основном полипептиды, отчасти низкомолекулярные пептиды и небольшое количество аминокислот.

2. **Химозин** (сычужный фермент, реннин) по структуре химозин близок к пепсину-1, но в отличие от пепсина действует в слабокислой или нейтральной среде. Химозин вызывает створаживание белков молока. Под его влиянием растворимый белок молока казеиноген, в присутствии ионов Ca^{++} , переходит в нерастворимое состояние и превращается в казеин. Химозин является закваской при сыроварении.

3. **Желудочная липаза** (функционирует в основном у млекопитающих в подсосный период) расщепляет в основном эмульгированные жиры молока, до глицерина и высших жирных кислот в

кислой среде.

4. **Желатиназа** - гидролизует белок соединительной ткани желатин.

Роль HCl желудочного сока:

1. Активирует пепсиноген.
2. Создает кислую реакцию среды, в которой активны все ферменты желудочного сока.
3. Способствует набуханию и денатурации белков.
4. Бактерицидная. Подавляет развитие микрофлоры, предотвращает гнилостные процессы в желудке.
5. Растворение некоторых минеральных веществ.
6. Способствует выработке секретина в 12 перстной кишке.
7. Обеспечивает пилорический рефлекс (раскрытие прилорического сфинктера и выход желудочного химуса в 12 перстную кишку).

Центр регуляции секреции желудочного сока расположен в продолговатом мозге. Различают нервную и гуморальную фазы регуляции секреции желудочного сока. Нервная фаза подразделяется на безусловнорефлекторную и условнорефлекторную.

Безусловнорефлекторная фаза происходит в результате раздражения рецепторов полости рта. По афферентным путям (язычный, языкоглоточный нерв и др.) раздражения поступают в продолговатый мозг. Из продолговатого мозга импульсы по блуждающему нерву поступают к интрамуральным ганглиям стенки желудка. Эта фаза начинается у **эзофаготомированной** (гр. oisophagos пищевод + tomé разрез, рассечение) собаки через 5-6 минут после приема корма и длится до 40 минут. Это подтверждается опытами И.П.Павлова с эзофаготамированной собакой «мнимое кормление».

При перерезке блуждающего нерва (ваготомия анат. nervus vagus блуждающий нерв + гр. tome разрез, рассечение) у эзофаготамированной собаки секреция желудочного сока прекращается.

Симпатические нервы тормозят секрецию желудочного сока.

Условнорефлекторная фаза происходит в результате раздражения центров коры больших полушарий через зрительные, слуховые и обонятельные анализаторы. Секреция желудочного сока начинается обычно до начала приема корма. Сок, отделившийся таким путем, И.П.Павлов назвал "запальным". Продолжительность этой фазы 1-2 часа. Желудочный сок, выделяющийся в эту фазу, имеет большую кислотность и содержит

большое количество протеолитических ферментов.

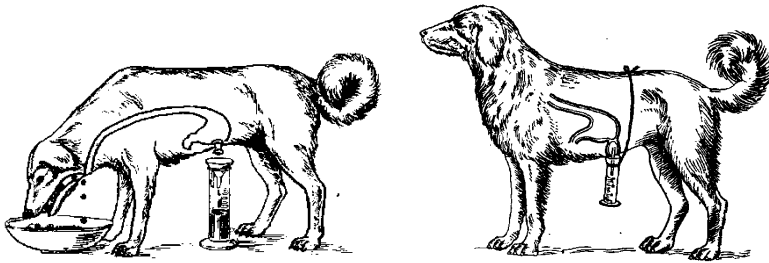


Рис. 69. Эзофаготомированная собака с фистулой желудка
Рис. 70. Собака с изолированным маленьким желудочком
по И.П. Павлову

Под влиянием сильных звуковых раздражителей, болевых ощущений происходит торможение секреции желудочного сока. Это тормозящее влияние осуществляется через симпатическую нервную систему.

Гуморальная регуляция происходит под влиянием химических веществ корма и продуктов их расщепления. Эта фаза наступает спустя 30 минут после приема корма и продолжается более 10 часов, но протекает менее интенсивно. Доказывает наличие этой фазы опыт по введению голодной собаке крови от накормленной собаки, что вызывает секрецию желудочного сока. Введение через фистулу желудка корма вызывает секрецию желудочного сока спустя 30 минут.

При раздражении **антральной** части желудка (гр. antrum полость, препилорический отдел желудка, прилегающий к сфинктеру и 12 перстной кишке) химическими веществами G клетками вырабатывается особое вещество - **гастрин**, стимулирующее секрецию желудочного сока.

Противоположное влияние на секрецию желудочного сока оказывает **гастрон** и **энтерogaстрон**.

Гладкая мускулатура желудка образует 3 слоя: продольный, круговой и косой. У входа в желудок расположен кардиальный сфинктер, а при выходе пилорический сфинктер.

Моторика зависит от времени кормления и степени наполнения желудка. При приеме корма раздражение рецепторов пищевода вызывает рефлекторное раскрытие кардиального сфинктера и расслабление мускулатуры желудка.

Различают **тонические** и **ритмические** сокращения.

Тонические (длительные) вызываются сокращением мускулатуры дна желудка. В результате таких сокращений создается давление, способствующее отжиманию содержимого.

Ритмические (периодические) начинаются в кардиальной части и распространяются по направлению к пилорической. В кардиальной части мускулатура сокращается слабо, а в пилорической - сильно. Ритмические сокращения обусловлены сокращением круговых мышц на ограниченном участке. Ритмические сокращения способствуют пропитыванию пищи желудочным соком, ее перемешиванию и продвижению.

При приеме воды происходит сокращение косых мышц, что способствует сближению кардиальной и пилорической части желудка. Сокращения возникают в результате раздражения рецепторов желудка и 12 перстной кишки, пищей, соляной кислотой и химическими веществами, находящимися в крови.

Переход содержимого из желудка в кишечник (открытие пилорического сфинктера) происходит в результате воздействия HCl на хеморецепторы слизистой пилорической части желудка и 12 перстной кишки. При поступлении кислого химуса в пилорическую часть желудка сфинктер открывается, и часть содержимого переходит в 12 перстную кишку. Реакция в 12 перстной кишке становится кислой, что вызывает рефлекторное закрытие пилорического сфинктера.

Особенности пищеварения в желудке свиньи:

Желудок свиньи пищеводно-кишечного типа, имеет дивертикул (безжелезистый слепой мешок, 10% от объема желудка). Кардиальная зона составляет 40 %, фундальная 30 % и пилорическая 20 %.

1. Объем 6,5-9,0 л.
2. Количество сока 4,5-6,0 л в сутки.
3. Сок кардиальной зоны щелочной реакции, содержит слизь и небольшое количество пепсиногена.
4. Корм перемешивается слабо и располагается послойно.
5. В дивертикуле и верхней зоне кардиальной части желудка идет бактериальная ферментация с образованием молочной, масляной, уксусной кислоты и газов, а также расщепление крахмала за счет ферментов слюны (20 % всех углеводов расщепляется в желудке).
6. Желудочный сок выделяется непрерывно.
7. Кислотность желудочного сока ниже, чем у плотоядных

животных и составляет 0,35-0,45 % HCl.

8. Пилорический сфинктер замыкается не полностью.

9. Опорожнение желудка начинается через 1 час после кормления и через 4-6 часов половина корма переходит в кишечник.

Особенности пищеварения в желудке лошади

Желудок лошади пищеводно-кишечного типа, имеет большой безжелезистый слепой мешок 40% от объема желудка. Кардиальная зона составляет 10 %, фундальная 30 % и пилорическая 20 %.

1. Объем желудка небольшой - 10 - 15 л.

2. Кардиальный сфинктер состоит из двух мощных мышечных петель. Поэтому отхождение газов практически невозможно.

3. Корм поступает хорошо измельченный и ослюенный.

4. Корм располагается послойно.

5. Моторика желудка слабая. Содержимое желудка медленно пропитывается желудочным соком.

6. В слепом мешке идут процессы брожения с образованием молочной, уксусной, масляной кислот и газов.

7. Клетчатка в желудке практически не расщепляется.

8. Секреция желудочного сока идет непрерывно (возрастающая после приема корма).

9. Низкая концентрация HCl 0,24% HCl.

10. Вода поступает в кишечник (по малой кривизне желудка).

Пищеварение в желудке жвачных

Желудок жвачных состоит из четырёх камер - рубца, сетки, книжки и сычуга. Первые три камеры называются преджелудками, а сычуг истинным желудком. В слизистой преджелудков отсутствуют железы, вырабатывающие пищеварительный сок, а в сычуге имеются.

Слизистая рубца покрыта многослойным плоским (ороговевающим, ороговевающим с поверхности) эпителием и имеет многочисленные выросты (**сосочки**) длиной 0,5-1,0 см, которые увеличивают поверхность.

Слизистая оболочка сетки образует ячеистые **складки**, напоминающие пчелиные соты. Высота складок достигает 1-1,2 см.

В слизистой оболочке сетки расположен пищеводный желоб, образованный слизистой. Желоб представляет замкнутую трубку, идущую от входа пищевода в преддверие рубца до входа в книжку. В губах желоба расположены мышцы и нервы.

Слизистая книжки образует большие складки в виде **листочков** различной величины. На поверхности листочков имеются грубые короткие **сосочки**, которые задерживают плотную массу.

Слизистая покрыта многослойным плоским эпителием с **широкими межклеточными пространствами**. На поверхности эпителиальных клеток имеются многочисленные выросты, которые значительно увеличивают его поверхность.

Сычуг истинный желудок. Слизистая покрыта **цилиндрическим** эпителием, образует складки и содержит много желез.

Объем многокамерного желудка составляет 140-200 л или 70 % объема пищеварительного тракта. Объем рубца составляет 80 % от объема желудка (110-160 л). У овец и коз 13-23 л.

Однако объем содержимого рубца обычно не превышает 90-110 л. Объем сетки 5 % (5-10 л), книжки 7 % (6-14 л), сычуга 8 % (10-15 л). Корова в сутки съедает 70 и более килограммов корма и выпивает 80-120 литров воды. При скармливании сена через 24 ч в рубце остается еще половина съеденной порции.

Большие размеры рубца эволюционное приспособление жвачных к потреблению и переработки большого количества грубых, малопитательных растительных кормов, содержащих много клетчатки.

Рубец огромная бродильная камера, заселенная микроорганизмами, простейшими и грибками. В рубце, за счет деятельности микроорганизмов, переваривается до 70 %, органических веществ рациона.

Количество **микроорганизмов** в 1 мл рубцовой жидкости составляет 10^9 - 10^{11} . Число видов бактерий достигает 150. По форме это палочки, кокки, спирохеты, вибрионы, селеномонады.

Основными группами бактерий являются **протеолитические, целлюлозолитические, липолитические, молочнокислые**. Общая биомасса бактерий составляет 10 % сухого содержимого рубца.

Численность **простейших** в 1 мл содержимого рубца составляет 10^5 - 10^6 . Биомасса простейших равна биомассе микроорганизмов. Обнаружено около 50 видов простейших (в основном реснитчатые инфузории).

Из **грибов** в рубце встречаются **дрожжи, плесени, актиномицеты**. Грибы обладают целлюлозолитической активностью, сбраживают сахара, участвуют в синтезе гликогена, аминокислот, витаминов группы В.

В рубце создаются благоприятные условия для жизне-

деятельности микроорганизмов:

1. Температура 38-41 °С (38-39°С днем, 39-41 °С ночью).
2. Слабокислая или слабощелочная реакция (рН 6,4-7,3).
3. Непрерывное поступление субстратов.
4. Постоянное всасывание продуктов расщепления.
5. Благоприятное поверхностное натяжение, создаваемое слюной.

Роль микроорганизмов и простейших:

1. Переваривание клетчатки.
2. Синтез микробиальных белков, липидов, гликогена, витаминов группы В.
3. Механическая обработка корма (размельчение, разрыхление).
4. Перемешивание корма с соками.

К азотистым веществам относятся белки и небелковые соединения (пептиды, аминокислоты, азотистые основания, мочевина, нитраты и др.). Белки растительного происхождения неполноценные, т.е. в них содержатся недостаточное количество для организма животного отдельных незаменимых аминокислот.

Под действием микроорганизмов 70-80 % поступивших в рубец азотсодержащих веществ превращается в аммиак (NH_3).

Небольшая часть аммиака всасывается в стенке рубца в кровь, а большая часть утилизируется (используется) микроорганизмами. Белок тела микроорганизмов на 75 % синтезирован из аммиака и на 25 % из свободных аминокислот.

Биологическая ценность белка бактерий и простейших выше, чем растительного и составляет соответственно 65 % и 70 %.

В рубце происходит «облагораживание» белка.

Растительный белок → аммиак → аминокислоты
→ белок микроорганизмов.

Важной особенностью обмена азота у жвачных является наличие циркуляции азота (румено-гепатическая циркуляция). Образующийся в рубце азот всасывается в кровь и в печени превращается в мочевину $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Мочевина со слюной или непосредственно через стенку рубца из крови поступает в рубец.

В рубце мочевина под действием микроорганизмов (уреазы) превращается в аммиак и повторно используется.

В целях экономии белка жвачным добавляют в рацион карбамид (мочевину) с содержанием азота 45 %. В рубце под действием фермента микроорганизмов уреазы карбамид расщепляется до NH_3 и CO_2 .

В рацион коровам карбамид добавляют постепенно, увеличивая дозу до 80-150 г. Скармливают карбамид в 2-3 приема, тщательно перемешивая с кормом. При использовании карбамида в рационе должно содержаться достаточное количество легкопереваримых углеводов, т.к. синтез белка требует больших затрат энергии.

В растительных кормах 50-80 % органического вещества представлено углеводами. Углеводы представлены моносахаридами (глюкоза, фруктоза и др.), дисахаридами (сахароза, лактоза).

Под действием микроорганизмов полисахариды гидролизуются до моносахаридов. Целлюлоза расщепляется на 70 %, крахмал, 80-90 %, сахар 100 %.

Клетчатка → декстрины → целлобиоза → глюкоза.

Образовавшиеся моносахариды очень быстро сбраживаются до летучих жирных кислот уксусной, пропионовой, масляной и др. и газов CO_2 , (около 70 %), CH_4 (около 30 %), и небольшого количества O_2 , N_2 и H_2).

Общее количество ЛЖК за сутки составляет у лактирующих коров 2,5-4,5 л, а количество газов до 300 в стойловый период и 700-1000 л в пастбищный период.

На долю уксусной кислоты (CH_3COOH) приходится 65 %, пропионовой ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) - 20 %, масляной ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$) - 15 %, изомаляной, валериановой и др. 2-5%. Соотношение отдельных ЛЖК зависит от состава рациона. Клетчатка способствует образованию уксусной кислоты, крахмал и легко переваримые сахара - пропионовой кислоты, концентрированные корма и силос (при недостатке легко переваримых углеводов) - масляной (что может приводить к возникновению кетозов).

Большая часть ЛЖК всасывается в преджелудках. Более 90 % ЛЖК в крови представлено уксусной кислотой (ацетат).

В стенке преджелудков **пропионовая** кислота превращается в **молочную** и **пировиноградную** кислоту, а **масляная** частично в **кетоновые тела** (β -оксимасляную и ацетоуксусную). **Пропионовая** кислота (пропионат) является предшественником глюкозы. **Масляная** кислота (бутират) используется для синтеза липидов тела, молочного жира, и используется в энергетическом обмене. Уксусная кислота (ацетат) используется как источник энергии и жировом обмене (синтез молочного жира).

За счет ЛЖК жвачные получают 70-80% энергии. Микроорганизмы потребляют 10% энергии углеводов, и 10% энергии удаляется с газами при отрыжке.

В растительных кормах жиров содержится 4-8 % от сухого вещества. Сырой жир представлен триглицеридами, свободными жирными кислотами, воском, стеролами, фосфолипидами, эфирами холестерина. Растительные жиры содержат большое количество (до 70%) жирных ненасыщенных кислот (линолевая, линоленовая).

Под влиянием липолитических бактерий липиды расщепляются на глицерин и жирные кислоты. Глицерин сбраживается с образованием пропионовой кислоты.

Ненасыщенные жирные кислоты подвергаются в рубце гидрогенизации, т.е. они превращаются в насыщенные.

В **сетке** идут те же процессы что и в рубце. Сетка выполняет функцию **сортировочного** и **эвакуационного** органа. Между сеткой и преддверием рубца имеется складка, которая во время сокращения рубца частично закрывает отверстие между ними. Через это отверстие проникает только измельченная, разжиженная масса, а грубые крупные частицы остаются в рубце. Между сеткой и книжкой имеется узкое отверстие, поэтому в книжку и сычуг переходит однородная (однородная) масса с частицами не более 2-4 мм. Отверстие между сеткой и книжкой закрыто и открывается во время сокращения сетки. Сетка участвует в **отрыгивании** жвачки. Проглоченные инородные предметы скапливаются в сетке.

Книжка имеет округлую форму. Емкость книжки у коров составляет 7 % (8-14 л), у овец относительные размеры значительно меньше (0,7-1,9 л). Книжка выполняет функцию **фильтра** (отжимной помпы). Примерно 1/3 поступившего содержимого (жидкая фаза) сразу же переходит в сычуг, а 2/3 задерживается между листками. При сокращении жидкая масса выжимается, а при расслаблении впитывается. В книжке продолжается переваривание питательных веществ под влиянием микроорганизмов. В книжке идут интенсивно процессы **абсорбции** (всасывания). Здесь всасывается до 50 % H_2O и минеральных веществ, до 70 % ЛЖК, и большая часть NH_3 . Отверстие из книжки в сычуг всегда открыто.

У новорожденных телят (молочный период 3-4 недели) соотношение преджелудков к сычугу составляет 1:2, в трехмесячном возрасте (переходный период - 3 месяца) 2:1, а в 7-8 месяцев это соотношение такое же как и у взрослых 11:1. Бактерии в преджелудках появляются в первые дни жизни. В этот период преобладают молочнокислые и протеолитические бактерии, а

обычный состав микроорганизмов устанавливается в возрасте 1,5-2 месяца.

Жвачка у телят появляется в конце молочного периода в 3-4 недели. Приучение телят в раннем периоде к растительным кормам стимулирует развитие преджелудков.

Молозиво выпаивают не позднее 5-6 часов после рождения. В первые сутки спаивают 3-4 литра молозива (3-4 раза в сутки). Во время потребления молока, при раздражении рецепторов языка, глотки, импульсы поступают в продолговатый мозг. Из продолговатого мозга по блуждающему нерву импульсы достигают гладкой мускулатуры пищеводного желоба, и происходит смыкание губ пищеводного желоба и образование трубки (продолжения пищевода) по которой молоко попадает в книжку и сычуг, минуя рубец и сетку. Емкость пищеводного желоба мала, поэтому молоко может проходить по нему только небольшими порциями.

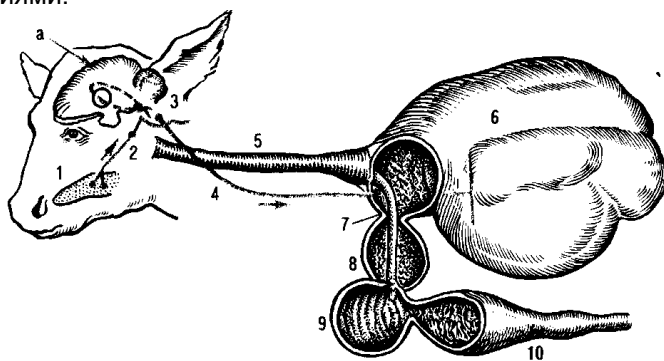


Рис. 71. Пищеводный желоб молодняка жвачных

С возрастом губы пищеводного желоба грубеют и смыкаются не полностью. В сычуге телят в молочный период много химозина.

Моторная функция преджелудков обеспечивается сокращению гладкой мускулатуры.

Благодаря сокращению происходит постоянное перемешивание содержимого, его перетирание и эвакуация. Прекращение моторики (атония) вызывает нарушение деятельности микрофлоры, расстройство пищеварения и даже гибель животного.

Сокращение происходит в следующей последовательности: сетка, преддверие рубца и дорсальный мешок, вентральный

мешок, слепые выступы, книжка. Продолжительность цикла составляет 1 минуту, а пауза между циклами 20-25 с. Когда дорсальный и вентральный мешок расслабляются, начинается мощное сокращение книжки. Создается высокое давление и жидкость проталкивается между листочками.

Регулируется моторная функция рефлексорно. Центр регуляции расположен в продолговатом мозге. Аfferентные и эfferентные пути проходят в блуждающем нерве. Перерезка блуждающего нерва приводит к нарушению координированных сокращений. Парасимпатическая нервная система усиливает сокращения, а симпатическая тормозит.

При приеме корма, жвачке сокращения усиливаются. При наполнении сычуга, тонкого и толстого кишечника сокращения тормозятся.



Рис. 72. Раздражение преддверия рубца через фистулу

Жвачка - отрыгивание и повторное, тщательное пережевывание ранее принятого корма. Жвачка происходит в результате раздражения слизистой оболочки сетки и преддверия рубца грубым содержимым. Центр регуляции жвачки расположен в продолговатом мозге. Перерезка блуждающего нерва ведет к прекращению жвачки.

Жвачный процесс состоит из жвачных периодов. Продолжительность каждого жвачного периода 30-50 минут. В сутки 8-16 жвачных периодов. Жвачный период возникает через 30-40 минут после кормления. За это время корм в рубце набухает и

размягчается. За сутки продолжительность жвачки 6-8 часов. Продолжительность одной жвачки (жвачного цикла) примерно 1 минута. При одной жвачке корова пережевывает около 100 г содержимого рубца, а за сутки 60-70 кг. Это примерно столько, сколько потребляет корова в сутки в расчете на сухое вещество.

Значение жвачки:

1. Измельчение и расщепление частиц корма.
2. Интенсивное выделение слюны.
3. Увеличение эвакуации содержимого в книжку и сычуг.

Сычуг - истинный желудок, выстлан однослойным цилиндрическим (призматическим) эпителием. Продолжительность пребывания корма невелика около 1 часа (до 3 часов). Моторика слабая. В сычуге вырабатывается большое количество сычужного сока до 50-60 литров. Сок вырабатывается непрерывно. Чистый сычужный сок имеет рН 1,0-1,5, и содержит 0,1-0,2% свободной HCl. В нем содержатся те же ферменты что и в однокамерном желудке, муцин и минеральные вещества.

Тонкий отдел кишечника состоит: 12-перстной (duodenum), тощей (jejunum) и подвздошной кишки (ileum).

Длина тонкого отдела кишечника составляет: у коров 40 - 49, у овец 24 -26, у лошадей и свиней до 20, человека до 5 метров. Отношение длины кишечника к длине туловища составляет у овец 25 : 1, у КРС 20 : 1, свиней 14-20 : 1, лошади 10-12 : 1, кролика 10 : 1, собаки, кошки 4-6 : 1, человека 3-4 : 1, птиц 3 : 1.

Верхний отдел 12-ти перстной кишки имеет более развитые ворсинки и сложнотрубчатые бруннеровы железы, расположенные в подслизистом слое. Секрет бруннеровых желез представляет собой густую жидкость, содержащую муцин.

В 12-перстную кишку открываются общий желчный проток и проток поджелудочной железы. Сок 12-ти перстной кишки слабощелочной реакции рН 7,2-8,0.

Эпителий тонкой кишки цилиндрический и содержит бокаловидные клетки. На протяжении всей слизистой (кроме верхнего отдела 12-ти перстной кишки) расположены либеркюновы железы образующие кишечные крипты (углубления) вокруг ворсинок (на 1 ворсинку 1-5 крипт).

Слизистая оболочка тонких кишок собрана в складки. На слизистой имеются многочисленные ворсинки (на 1 см² 1500-3000 шт. и увеличивающие поверхность в 10-25 раз). Длина ворсинки 0,2-1,5 мм. В центре каждой ворсинки имеется лимфатический сосуд, капилляры, нервы и гладкомышечные волокна.

Снаружи ворсинка покрыта однослойным цилиндрическим эпителием образующим выросты цитоплазмы - микроворсинки (образующими щеточную кайму, до 3000 на одной клетке, до 300000 на одной ворсинке), увеличивающие поверхность более чем в 30 - 60 раз.

В слизистой кишечника расположены бокаловидные клетки, выделяющие слизь.

Поджелудочная железа (pancreas) сложная альвеолярно - трубчатая структура (состоит из системы концевых железистых отделов ацинусов и выводных протоков).

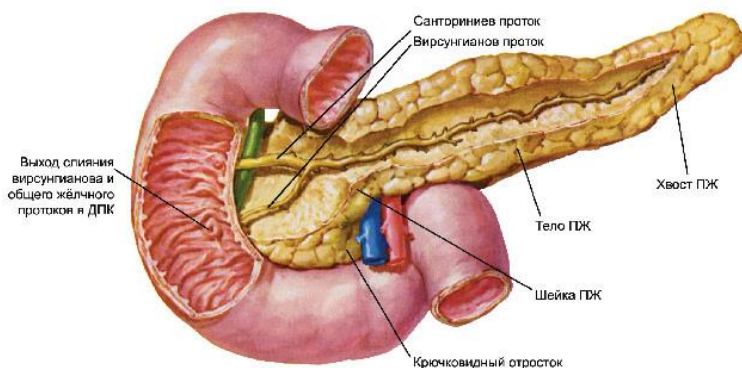


Рис. 73. Поджелудочная железа

Сок поджелудочной железы - прозрачная, бесцветная жидкость щелочной реакции 7,2-8,0. Плотность 1,008-1,010. Содержит до 10 % сухого вещества.

Органические вещества сока представлены в основном ферментами. Минеральные вещества в виде катионов Na^+ , K^+ , Ca^{++} , и анионов бикарбоната HCO_3^- и хлорида Cl^- .

Количество сока у крупного рогатого скота 7-7,5, лошадей 7,5-8,5, овец 0,5-0,6, собак 0,2-0,3. У человека поджелудочная железа вырабатывает 1,5-2 л сока.

Ферменты сока поджелудочной железы:

Протеолитические:

1. **Трипсин** вырабатывается в неактивной форме в виде **трипсиногена** и активируется ферментом кишечного сока **энтерокиназой**. Расщепляет белки до пептидов и аминокислот.

2. **Химотрипсин** вырабатывается в неактивной форме в

виде химотрипсина и активируется трипсином. Расщепляет белки и полипептиды до аминокислот.

3. **Эластаза** (панкреатопептидаза) - действует на белки соединительной ткани (эластин, коллаген).

4. **Карбоксипептидаза** - действует на полипептиды и отщепляет аминокислоты со стороны свободной карбоксильной группы.

5. **Аминопептидаза** - отщепляет аминокислоты со стороны свободной аминогруппы.

Липолитические:

1. **Липаза** (панкреатическая) расщепляет жиры до глицерина и высших жирных кислот.

2. **Эстераза** - катализирует реакции расщепления эфирной связи.

3. **Фосфолипаза** - расщепление фосфолипидов.

Амилолитические:

1. **Амилаза** - расщепляет крахмал до мальтозы.

2. **Мальтаза** - расщепляет мальтозу до глюкозы.

3. **Лактаза** - расщепляет молочный сахар до глюкозы и галактозы.

4. **Инвертаза** (сахараза) расщепляет сахарозу до глюкозы и фруктозы.

Нуклеазы:

Рибонуклеаза и **дезоксирибонуклеаза** - вызывают гидролиз нуклеиновых кислот до нуклеотидов и фосфорной кислоты и углевода.

Регуляция секреции сока поджелудочной железы осуществляется нейрогуморально. Различают рефлекторную и гуморальную фазу. Центр регуляции секреции сока поджелудочной железы расположен в продолговатом мозге.

Безусловнорефлекторная фаза начинается при раздражении рецепторов полости рта и глотки, а **условнорефлекторная** - при виде, запахе корма. При раздражении блуждающего нерва секреция сока возрастает.

Гуморальная фаза происходит под действием гормонов желудочно-кишечного тракта секретина (образующегося в слизистой под влиянием HCl), гастрина, желчных кислот, холецистокинина.

Желчь (гр. chole) - секрет печени. Печень (hepar) самая крупная железа. Масса у КРС от 3 до 10 кг, у человека 1,5 -1,8 кг. Количество желчи у КРС 7-9, лошадей 5-7, свиней 2,5-3, овец

0,8-1,5, собак 0,2-0,3 литров. У человека 0,5-1,2 л.

Желчь вырабатывается клетками печени **гепатоцитами** непрерывно. Вне процесса пищеварения желчный проток закрыт сфинктером, и желчь по пузырному протоку поступает в желчный пузырь. У лошади, верблюда, оленя желчный пузырь отсутствует.

Во время пищеварения по общему желчному протоку желчь поступает в 12-ти перстную кишку, как из печени, так и из желчного пузыря.

Различают печеночную и пузырную желчь.

Печеночная желчь более жидкая (96-99% H₂O), плотность 1,009 -1,013, pH 7,5-8,0, а пузырная более густая (80-86 % H₂O), плотность 1,026-1.048, pH 6,0-6,8.

В состав желчи входят органические и неорганические вещества.

Из органических: белки, аминокислоты, мочевины, мочевая кислота, пуриновые основания, жиры, фосфатиды, холестерин, витамины, желчные пигменты (билирубин и биливердин), желчные кислоты (холевая, хенодезоксихолевая, гликохолевая и таурохолевая) и их соли.

Желчные кислоты являются конечным продуктом обмена холестерина.

Желчные пигменты - конечные продукты распада гемоглобина и гемсодержащих белков (миоглобин, цитохромы и др.). У плотоядных животных и человека основным пигментом является **билирубин**, придающий желчи золотисто-желтый цвет. У травоядных животных и птиц главным желчным пигментом является **биливердин**, придающий желчи темно-зеленый цвет. Часть билирубина всосавшегося в кровь выводится с мочой в виде **уробилина**, а большая часть с калом в виде **стеркобилина**.

Из неорганических веществ: соли натрия, калия, кальция, железа, магния и др.

Функции желчи:

1. Эмульгирует жиры.
2. Активирует ферменты кишечного и панкреатического сока (особенно липазу).
3. Способствует всасыванию жирных кислот.
4. Стимулирует желчеобразование и желчевыделение.
5. Усиливает моторную и секреторную деятельность кишечника.
6. Способствует всасыванию жирорастворимых витаминов, аминокислот, холестерина и др. веществ.

7. Обладает бактериостатическими свойствами. Задерживает гнилостные процессы в кишечнике.

8. Нейтрализует кислое содержимое, поступающее из желудка.

Выделение желчи регулируется нейрогуморально.

Безусловно-рефлекторная фаза выделения желчи начинается через 5-10 минут после приема корма или поступления содержимого желудка в кишечник, и продолжается в течение 6-8 часов.

Условно-рефлекторная фаза начинается при виде, запахе корма.

Гуморальная регуляция секреции осуществляется под действием **холецистокинина** (способствует сокращению мускулатуры желчного пузыря), **жирных кислот**, **гастрина**, **НСI**, **желчных кислот**, **экстрактивных веществ** корма.

Кишечный сок - бесцветная жидкость щелочной реакции (рН 7,5-8,5) секрет **либеркюновых** желез и **бокаловидных** клеток, а в 12 перстной кишке **бруннеровых** желез, содержит 2,5 - 3 % сухих веществ.

Количество кишечного сока в сутки составляет: у коров 25-30, лошадей 10-15, свиней 4-6, овец 2-4. У человека 1-3 литра.

Кишечный сок завершает химическую обработку корма, поэтому в нем преобладают ферменты, действующие на промежуточные продукты расщепления белков и углеводов.

Ферменты кишечного сока:

1. Смесь **пептидаз** (аминополипептидаза, дипептидаза, аминотрипептидаза и др.), вызывающих гидролиз пептидов до аминокислот.

2. Ферменты расщепляющие дисахариды до моносахаридов (мальтаза, лактаза, сахараза).

3. **Щелочная фосфатаза** - вызывает гидролиз в щелочной среде сложных эфиров (отепляет от них фосфат). Вызывает фосфорилирование углеводов, аминокислот, обеспечивает их всасывание.

4. **Энтерокиназа** - катализирует превращение трипсиногена в трипсин.

Регуляция секреции кишечного сока осуществляется нейро-гуморально. Секреция кишечного сока происходит непрерывно. Механические раздражения слизистой кишечника усиливают секрецию. Раздражение блуждающего нерва способствует увеличению секреции.

Гуморальная регуляция осуществляется под действием продуктов переваривания белков и углеводов.

Пристеночное пищеварение открыл русский ученый Александр Михайлович Уголев в 1956 году. Пристеночное пищеварение - переваривание питательных веществ на поверхности слизистой оболочки тонкого отдела кишечника за счет ферментов структурно связанных с мембраной микроворсинок. Слизистая кишечника имеет огромное количество ворсинок (1500-3000 шт./см²).

На поверхности ворсинок расположено огромное количество микроворсинок (до 3000 на одной эпителиальной клетке). Микроворсинки образуют щеточную кайму. На мембране микроворсинок расположены ферменты, активные центры которых ориентированы в направлении поступающих веществ. За счет пристеночного пищеварения переваривается до 50-80 % питательных веществ.

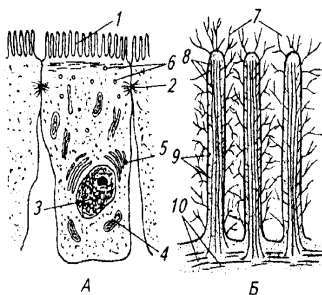


Рис. 74. А. Эпителиальная клетка с микроворсинками.
Б. Микроворсинки щеточной каймы.

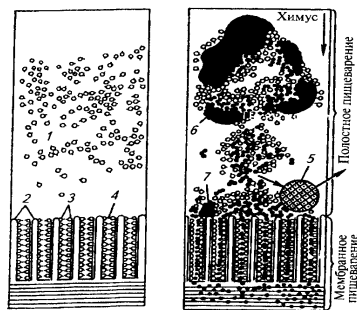


Рис. 75. Схема полостного и мембранного пищеварения

Биологический смысл пристеночного пищеварения:

1. Наличие огромной реакционной поверхности в районе щеточной каймы.
2. Постепенный процесс гидролиза питательных веществ.
3. Сопряженность процессов гидролиза и всасывания.
4. Стерильность процессов всасывания.

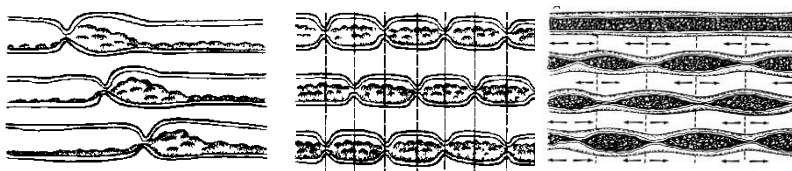
Перистальтика кишечника обусловлена наличием гладкой мускулатуры (продольной и поперечной). Мышцы кишечника обладают автоматией, которая обусловлена наличием в мышечном слое Ауэрбахова нервного сплетения. В слизистой оболочке кишечника имеется Мейснерово сплетение.

1. **Перистальтические** сокращения (червеобразные) вызы-

ваются сокращением круговых мышц. Образуется кольцевой пережат, а впереди него полость кишки расширяется. Способствуют продвижению химуса по кишечнику (со скоростью 1-2 см/с).

2. **Сегментарные** сокращения (ритмическое) вызываются сокращением круговых мышц в результате образуются перетяжки (на расстоянии 6-8 см), разделяющие кишку на множество сегментов. Способствуют перемешиванию химуса и всасыванию питательных веществ.

3. **Маятникообразные** сокращения (тонические) вызывается сокращением продольных мышц на определенном участке кишки. Кишка удлиняется и суживается, затем уменьшается и расширяется (10 сокращений в 1 мин.). Способствуют перемешиванию химуса и всасыванию питательных веществ.



1. Перистальтические 2. Сегментарные 3. Маятникообразные

Рис. 76. Сокращения кишечника

Сокращение кишечника происходит на фоне постоянного тонуса. На сокращение кишечной мускулатуры влияет ЦНС, механические и химические раздражители. Мышцы кишечника иннервируются блуждающим и симпатическим нервом.

Блуждающий нерв усиливает мышечные сокращения и повышает их тонус. Симпатическая нервная система (чревной нерв) снижает мышечный тонус. Гнев, страх, боль угнетают моторику.

Усиливают моторику ацетилхолин, желчь, окситоцин, гастрин, гистамин, простагландины, серотонин. Тормозит моторику адреналин и норадреналин.

Всасывание питательных веществ происходит после их расщепления. Белки всасываются в виде аминокислот и частично в виде низкомолекулярных пептидов, углеводы в виде моносахаридов, жиры в виде глицерина и высших жирных кислот, а также в виде нерасщепленных эмульгированных жиров. Высшие жирные кислоты соединяются с желчными кислотами и образу-

ют **мицеллы**, способные к всасыванию. В слизистой кишечника мицеллы распадаются на высшие жирные кислоты и желчные кислоты. Желчные кислоты всасываются в кровь и поступают в снова печень, что стимулирует желчеобразование и желчеотделение. В эпителиоцитах кишечника происходит ресинтез жиров и образование хиломикрон (мельчайшие жировые частицы, заключенные в липопротеиновую мембрану) которые всасываются в лимфу.

В полости рта всасывание почти не происходит.

В желудке всасывается вода, глюкоза, аминокислоты, минеральные вещества в небольших размерах.

В преджелудках всасывается вода (до 60-70%), ЛЖК, глюкоза, аминокислоты, минеральные вещества.

Основным местом всасывания является тонкий кишечник.

В 12-ти перстной кишке всасывание невелико (т.к. кишка короткая). Самое интенсивное всасывание происходит в тощей кишке. Так через дуоденальный анастомоз проходит у коровы 180 литров химуса в сутки, а через илеоцекальный 40 литров (т.е. всасывается 140 литров).

В толстом кишечнике всасывание невелико. Здесь всасываются ЛЖК, вода. Всасывание происходит в результате фильтрации, диффузии, осмоса и активной деятельности клеток эпителия слизистой. Способствует всасыванию гормон вилликинин (образующийся в слизистой кишечника), который усиливает движение ворсинок.

Толстый отдел кишечника состоит: **слепой** кишки (intestinum caecum), **ободочной** (intestinum colon), **прямой** (intestinum rectum). Объем слепой кишки у лошади 32-36 л. Слепая кишка у КРС и свиней развита слабо. Отросток слепой кишки - аппендикс (appendix vermiformis) достигает у человека до 8 см. Объем толстого кишечника у коров составляет до 50 л (22 % объема ЖКТ), у лошади 120-130 л (35 % объема ЖКТ), у овец 6-8 л.

1. Длина толстого кишечника у КРС 6-9 метров (слепая 70 см, ободочная 7 м, прямая 40 см). У человека 1,5 м. Просвет толстого кишечника значительно шире, чем у тонкого кишечника.

2. В слизистой оболочке нет ворсинок. Нет круговых складок.

3. Много бокаловидных клеток, выделяющих сок щелочной реакции с большим количеством слизи.

4. Вырабатываются те же ферменты, что и в тонком отделе, но в меньшем количестве.

5. У коров переваривается до 30 %, у лошадей до 40-50 %

перевариваемой клетчатки. Большое количество микроорганизмов 10^9 - 10^{10} в 1 грамме содержимого. Идут процессы брожения с образованием ЛЖК и газов.

6. Наряду с брожением идут гнилостные процессы с образованием NH_3 , CO_2 , H_2S и аминов (крезол, фенол, скатол, индол), которые всасываются в кровь и обезвреживаются в печени.

7. Экскреция мочевины, минеральных и лекарственных веществ.

8. Интенсивное всасывание воды и формирование каловых масс.

Особенности пищеварения у птиц:

Анатомические особенности:

1. Нет зубов, щек, губ, надгортанника. Слюнные железы развиты слабо. Мало вкусовых сосочков.

2. Имеется зоб (расширение пищевода). Зоб выстлан многослойным плоским эпителием и не имеет желез. Вмещает у кур 70-120 г зерна.

3. Два желудка (железистый и мышечный).

4. Мышечный желудок выстлан кутикулой.

5. Короткий кишечник (в 5 раз длиннее туловища).

6. Хорошо развиты печень и поджелудочная железа.

7. Два слепых отростка.

8. Нет ободочной кишки.

9. Имеется клоака (куда открываются мочеточники, половые пути и пищеварительный тракт).

Физиологические особенности:

1. Слабая роль слюнных желез в пищеварении. Вкус развит слабо.

2. Пища не пережевывается.

3. Переваривание питательных веществ начинается в зобе (за счет микрофлоры, ферментов слюны и ферментов корма).

4. Через железистый желудок пища проходит транзитом (задерживается на несколько минут).

5. Переваривание в мышечном желудке происходит за счет ферментов поступивших из железистого желудка.

6. Большое количество поджелудочного и кишечного соков, желчи.

7. В слепых кишках происходит синтез витамина B_{12} .

8. Через слепые кишки проходит лишь незначительная часть химуса, поэтому клетчатка корма расщепляется частично.

9. Пищеварительный тракт птиц приспособлен для быст-

рого переваривания концентрированного корма. Клетчатка переваривается плохо, поэтому в рационе ее должно быть не более 9-10 %. Куры переваривают зерно 10-12 часов.

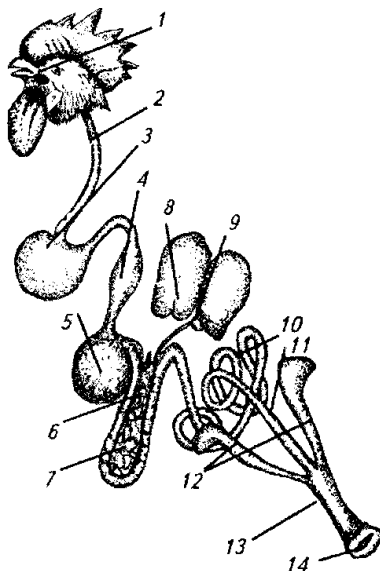


Рис.77. Система органов пищеварения птиц

Тема: Обмен веществ и энергии

Вопросы: Обмен белков. Обмен липидов. Обмен углеводов. Обмен энергии. Минеральные вещества. Витамины.

Этапы обмена веществ:

1. Подготовительный (пищеварение).
2. Промежуточный.
3. Заключительный (выделение конечных продуктов обмена).

Обмен веществ и энергии - основное свойство живого организма. Обмен веществ (метаболизм) совокупность превращений происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность во взаимосвязи с внешней средой.

Обмен веществ состоит из двух взаимно обусловленных процессов - **ассимиляции** (анаболизм) и **диссимиляции** (катаболизм).

Ассимиляция (лат. assimilatio усвоение) - совокупность процессов синтеза, Ассимиляция включает в себя потребление из внешней среды питательных веществ, их переработку и превращения в необходимые для жизнедеятельности соединения (нуклеиновые кислоты, белки, жиры, углеводы и др.) и структурные единицы клетки. Ассимиляция происходит с затратой энергии.

Анаболизм (гр. anabole подъем) - менее широкое понятие чем ассимиляция и включает только те процессы, которые протекают внутри организма.

Диссимиляция или катаболизм (гр. catobole сбрасывать вниз) совокупность процессов распада живой материи с выделением свободной энергии. Энергия, получаемая организмом в результате диссимиляции, используется для поддержания температуры тела и осуществления всех жизненных функций (реакции синтеза, дыхание, работа органов и т. д.).

Белки (протеины гр. protos первый, главный) - полимеры, состоящие из аминокислот, соединенных в определенной последовательности пептидной связью (М.м > 6000 или более 100 аминокислотных остатков).

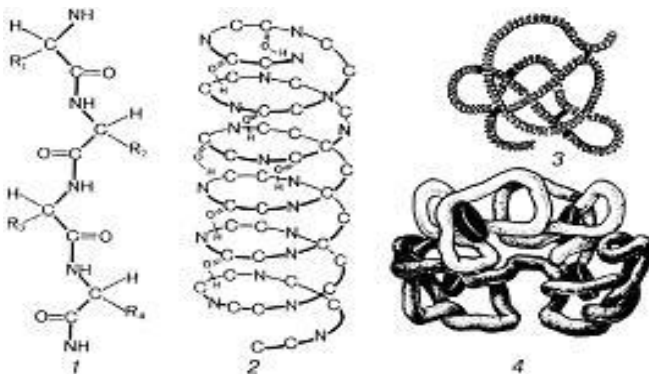


Рис. 78. Уровни организации белков: 1 – первичный; 2 – вторичный; 3 – третичный; 4 – четвертичный

Белки составляют 16 -18 % массы тела животного. В животном организме на долю мышечной ткани приходится свыше 40 %. Различают простые и сложные белки.

Простые белки состоят только из остатков аминокислот (протамины, гистоны, альбумины, глобулины, проламины, протеиназы, глютелины).

Сложные белки включают небелковую группу (хромопротеиды, гликопротеиды, фосфопротеиды, липопротеиды, металлопротеиды, нуклеопротеиды).

Первичная структура - последовательность аминокислот в полипептидной цепи.

Вторичная структура - локальное упорядочивание фрагмента полипептидной цепи,

Третичная структура - пространственное строение полипептидной цепи.

Четверичная структура - взаимное расположение нескольких полипептидных цепей в составе единого белкового комплекса.

По строению различают: фибриллярные, глобулярные и мембранные белки.

Фибриллярные белки - образуют полимеры, их структура поддерживается, в основном, взаимодействиями между разными цепями. Они образуют микрофиламенты, микротрубочки, фибриллы, поддерживают структуру клеток и тканей. К фибриллярным белкам относятся **кератин** и **коллаген**.

Глобулярные белки - водорастворимые, общая форма молекулы более или менее сферическая.

Мембранные белки - имеют пересекающие клеточную мембрану домены, но части их выступают из мембраны в межклеточное окружение и цитоплазму клетки. Мембранные белки выполняют функцию рецепторов, то есть осуществляют передачу сигналов, а также обеспечивают трансмембранный транспорт различных веществ.

Функции белков:

1. Пластическая (образование различных клеточных структур).

2. Энергетическая (освобождение энергии при их расщеплении).

3. Регуляторная (гормоны белковой природы).

4. Каталитическая (ферменты).

5. Защитная. Физическая защита: коллаген, кератин. Химическая защита. Иммунная защита.

6. Дыхательная (гемоглобин, миоглобин).

7. Сократительная (миофибриллы) и др.

Незаменимые аминокислоты - аминокислоты, которые не могут синтезироваться в организме и должны поступать с пищей (**валин лейцин, изолейцин, метионин, треонин, ли-**

зин, триптофан, фенилаланин).

Частично (условно) заменимые аминокислоты (аргинин, гистидин, цистеин, тирозин).

Заменимые аминокислоты - могут синтезироваться в организме в достаточном количестве из других аминокислот или органических соединений (**аланин, аспарагин, глутамин, глицин, пролин, серин, аспарагиноовая кислота, глутаминовая кислота**).

Полноценный белок - белок, в состав которого входят все незаменимые аминокислоты в достаточном для организма количестве. К полноценным белкам относятся белки животного происхождения.

Неполноценный белок - белок, в котором отсутствует или находится в недостаточном для организма количестве одна или несколько незаменимых аминокислот. К неполноценным белкам относятся белки растительного происхождения. Например, в белке кукурузы (зеине) содержится мало триптофана и лизина, в белке злаков - лизина, в зерне бобовых - метионина.

Биологическая ценность белков определяется их аминокислотным составом и измеряется количеством белка организма, которое может быть синтезировано из 100 г белка корма. Чем ближе аминокислотный состав белка корма к аминокислотному составу белка тела, тем выше его биологическая ценность.

Биологическая ценность белков это отношение усвоенного азота к переваренному, выраженное в процентах. Например: Принято с кормом 100 г N, выделено с калом 60 г N, с мочой 10 г N. Переварено 40 г N, усвоено 30 г N. Биологическая ценность составит 70,5 %.

Биологическая ценность белков животного происхождения составляет 75-90 %, а растительных 60-65 %. Биологическая ценность белка определяется лимитирующей незаменимой аминокислотой, находящейся в минимальном количестве, недостаток которой вызывает нарушение синтеза белка.

При отсутствии одной незаменимой аминокислоты в корме (опыт на крысах) наступает дистрофия и гибель организма.



Рис. 79. Дистрофия

В практике животноводства обычно лимитирующими являются: **лизин, метионин, триптофан, гистидин.**

В организме постоянно идет распад тканевых белков и синтез новых белков. Примерно половина всех белков млекопитающих полностью обновляется за 6-7 месяцев. Период полуобновления белков крови происходит за 6-7 дней. Внутриклеточный распад белков происходит за счет протеиназ, пептидаз, сосредоточенных в основном в лизосомах.

Коэффициент изнашивания белков - наименьшая потеря белков при полном покое в пересчете на 1 кг массы тела в сутки. За сутки (при белковом голодании) человек выделяет около 3,7 г азота. Из этих данных следует, что масса белка, подвергшегося полному разрушению, составляет $3,7 \times 6,25 = 23$ г, или 0,028 - 0,075 г азота на 1 кг массы тела (коэффициент изнашивания по М. Рубнеру).

Всемирной организацией здравоохранения рекомендуется потребление белка не менее 0,75 г/кг в сутки (для человека массой 70 кг не менее 52,5 г полноценного белка).

Для расчета принято, что в 100 г белка содержится 16 % N ($100 : 16 = 6,25$), поэтому при расчете количества белка умножают количество азота на коэффициент 6,25.

Всосавшиеся в кишечнике аминокислоты поступают в воротную вену (95 %), и лишь небольшая часть (5 % в составе липопротеинового комплекса - хиломикроны) - в лимфу.

Парентеральное введение яичного белка (обладающего антигенными свойствами) вызывает ответную иммунную реакцию. Появляется озноб, повышается температура, нарушаются физиологические функции, вырабатываются антитела, и происходит сенсibilизация организма (повышение чувствительности к данному антигену).

При повторном введении этого белка наступает анафилактический шок (ана против; phylaxis защита) падение артериального давления, спазм бронхов, застой крови в печени и легких, паралич сосудодвигательного и дыхательного центров.

Белковый минимум - минимальное количество белка, необходимое для поддержания азотистого равновесия в организме. Белковый минимум для лактирующей коровы равен 1,0 г/кг, а для не лактирующей 0,6 - 0,7 г/кг.

Суточная потребность человека в белке составляет 80-130 граммов. Избыток белка в организме ведет к непроизводительной трате (аминокислоты дезаминируются и используются в энергетических целях). При этом увеличивается содержание кетоновых тел, что приводит к ацидозу, аутоинтоксикации, снижению продуктивности.

Для характеристики белкового обмена и определения потребности организма в белке определяют баланс азота.

Баланс азота (фр. balance весы) - разница между принятым азотом с кормом и выделенным из организма.

Баланс N = N корма – (N кала + N мочи).

Баланс азота может быть **положительным** (количество азота принятого с кормом превышает количество азота выделенного из организма), **уравновешенным** (количество азота принятого с кормом равно количеству азота выделенного из организма) и **отрицательным** (количество азота выделенного из организма превышает количество азота принятого с кормом).

Положительный баланс отмечается в период роста и развития организма; во второй половине беременности; после голодания или в период восстановления после болезни.

Уравновешенный баланс отмечается у животных среднего возраста.

Отрицательный баланс наблюдается у стареющих животных, у больных животных, в начале лактации, при недостаточном или неполноценном белковом кормлении, при голодании.

Аминокислоты, поступившие в печень, используются для синтеза белков крови (альбумины α и β глобулины, фибриноген и др.) в тканях идет синтез тканевых белков.

Неиспользованные для синтеза белков аминокислоты подвергаются в печени **дезаминированию** (отщепление аминогруппы) с образованием **кетокислот** (пировиноградной, щавелевоуксусной), **оксикислот** (α - кетоглутаровой, молочной) и **аммиака**.

В процессе переаминирования в печени происходит син-

тез заменимых аминокислот из кетокислот цикла Кребса.

Безазотистые остатки гликогенных аминокислот используются для синтеза углеводов и жиров.

Гликогенные аминокислоты (аланин, аспарагиновая кислота, глутамин, глицин, серин, треонин) при дезаминировании превращаются в пировиноградную кислоту из которой синтезируется глюкоза.

Кетогенные аминокислоты (лейцин, фенилаланин, тирозин) превращаются, в качестве промежуточных продуктов, в кетонные тела (ацетоуксусную и β -оксимасляную кислоту), которые подвергаются окислению до CO_2 и H_2O с выделением энергии.

В тканях неиспользованные аминокислоты подвергаются **декарбоксилированию** с образованием биогенных аминов (кахоламины, гистамин, серотонин, γ -аминомасляной кислоты и др.) и углекислого газа.

Особенности белкового обмена у жвачных:

1. Расщепление растительного белка в рубце происходит в основном до аммиака (70 %), который используется для синтеза аминокислот (в т.ч. незаменимых) и микробильного белка.

2. Более эффективное использование азота благодаря румено-гепатической циркуляции. Жвачные в меньшей степени зависят от аминокислотного состава рациона, чем моногастричные животные. Однако у высокопродуктивных коров эта потребность не полностью покрывается по некоторым аминокислотам.

Регуляция белкового обмена

Регуляция обмена белков нейрогуморальная. Центр регуляции расположен в промежуточном мозге (в гипоталамусе).

Симпатическая нервная система стимулирует катаболические процессы, а парасимпатическая – анаболические.

Анаболическим действием обладают СТГ (стимулирует синтез белка, транспорт аминокислот через клеточные мембраны, синтез и РНК в ядре), **андрогены** (синтез мышечной ткани), **эстрогены** (синтез белка в репродуктивных органах и молочной железе), **инсулин** (способствует транспорту аминокислот через клеточные мембраны, поставяет энергию для синтеза), **тироксин** у молодых животных стимулирует синтез белка и развитие организма

Катаболическим действием обладают глюкокортикоиды (активируют ферменты, обеспечивающие дезаминирование аминокислот и превращение их в глюкозу), в больших дозах у взрослых животных **тироксин** (повышает активность аминокис-

сидаз в результате увеличивается дезаминирование).

К **липидам** (гр. lipos жир) относятся **нейтральный жир** (триглицерды) и **жироподобные вещества** (липоиды) **фосфатиды** (или фосфолипиды), **воска** (стероиды, холестерин) и др.

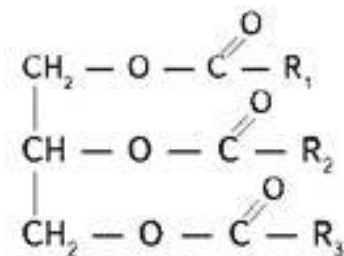


Рис. 80. Строение жиров

Жиры животного происхождения содержат насыщенные жирные кислоты: олеиновую $\text{C}_{18} \text{H}_{34} \text{O}_2$, пальмитиновую $\text{C}_{16} \text{H}_{32} \text{O}_2$, стеариновую $\text{C}_{18} \text{H}_{36} \text{O}_2$, лауриновую, миристиновую и др.

Жиры растительного происхождения содержат ненасыщенные жирные кислоты: линолевую $\text{C}_{18} \text{H}_{32} \text{O}_2$, линоленовую $\text{C}_{18} \text{H}_{30} \text{O}_2$, арахионовую $\text{C}_{20} \text{H}_{32} \text{O}_2$.

При отсутствии ненасыщенных жирных кислот у крыс наступает некроз кожи (витамин F).

На долю липидов в организме человека приходится 11- 25 % массы тела. У свиней, валухов, волов, перелетных птиц, курдючных овец до 35 - 50 %. Содержание жира в печени 5 %, а при перерождении до 50 %. Много жиров в клетках мозга в половых железах. Содержание жира в крови человека составляет 500 мг% (150 мг% - нейтральный жир, 200 мг% - фосфатиды, 150 мг% - холестерин).

Холестерин (тетрациклический ненасыщенный спирт) является материалом, из которого синтезируются гормоны коры надпочечников, желчные кислоты (у человека гликохолевая, гликодезоксихолевая, таурохолевая, тауродезоксихолевая), витамин D и др.

Человек потребляет в сутки 0,1-0,3 г холестерина. Однако большая часть (до 80 %) холестерина имеет эндогенную природу. Много холестерина в мозге, надпочечниках, нервах.

В печени неиспользованный холестерин превращается в желчные кислоты. У человека в сутки синтезируется 5-10 г желчных кислот.

При нарушении обмена холестерина возникает атеросклероз сосудов, образование холестериновых камней в желчном пузыре.

При дефиците холестерина нарушается структура в клетках нервной системы, нарушается синтез стероидных гормонов.



Рис. 81. Курдючная овца

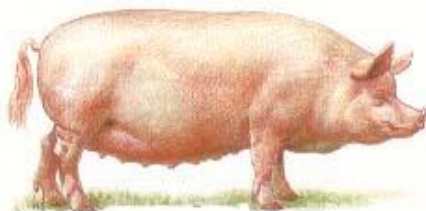


Рис. 82. Крупная белая порода

Большая часть жиров находится в организме в клетках жировой ткани (**адипоцитах**), расположенных в подкожной клетчатке, брыжейке, сальнике, околопеченочной и околосердечной капсулах и между мышечных пучков.

Меньшая часть входит в состав клеточных структур. Количество запасного жира зависит от вида, возраста, пола, рациона, температуры окружающей среды, характера питания, количества и качества пищи, конституциональных особенностей и т.д.

Резерв откладывается, если потребление корма превышает энергетические потребности организма.

У животных разных видов существует относительное постоянство состава и свойств структурных жиров (т.е. существует видовая специфичность).

При длительном питании, каким либо одним видом жира изменяется состав жира, откладываемого в организме и он напоминает, по ряду свойств, пищевой жир.

У собак, после длительного голодания, и кормления в течение 3 недель льняным маслом или бараньим салом, в жировом депо накапливались жиры с точкой замерзания 0 °С, и соответственно с точкой плавления 50 °С.

Функции жиров :

1. Пластическая (входят в состав клеточных структур).
2. Энергетическая (при окислении 1 г жира образуется 9,3 ккал 39 кДж). У моногастричных животных жир покрывает 30-

50 % потребности в энергии.

3. Фиксация и защита внутренних органов.

4. Предохранение кожи от высыхания (жиропот, кожный жир у водоплавающих птиц).

5. Источник воды (при окислении 100 г жира образуется 107 г воды).

6. Растворение и всасывание витаминов (А, D, Е, К).

7. Предшественники биологически активных веществ (стероидных гормонов, простагландинов).

Расщепление жиров происходит в основном в кишечнике под действием липазы кишечного сока и сока поджелудочной железы (при заболевании поджелудочной железы или перевязке протока более 50 % жиров выводится с калом в неизменной форме).

Ведущее значение в расщеплении и всасывании жиров принадлежит желчи. Желчные кислоты эмульгируют жиры, активируют липазу и способствуют всасыванию высших жирных кислот.

При воспалении желчного пузыря (холецистит) или закупорке желчного протока большая часть незэмульгированных жиров расщепляется и проходит через пищеварительный тракт транзитом. Кал содержит много нерасщепленных жиров и невоссавшихся высших жирных кислот имеет серовато-бурый цвет (ахолический стул).

При холецистите растворимый холестерин выпадает из желчи в кристаллической форме и образует камни. Желчные камни состоят на 90-99 % из кристаллов холестерина и на 1-10 % из кальциевых солей желчных кислот.

Под действием липазы, в кишечнике, жиры расщепляются на высшие жирные кислоты и глицерин.

Глицерин растворим в воде, и хорошо всасывается.

Высшие жирные кислоты соединяются с желчными кислотами и образуют **мицеллы**, способные к всасыванию.

В слизистой кишечника мицеллы распадаются на высшие жирные кислоты и желчные кислоты. Желчные кислоты всасываются в кровь и поступают в снова печень, что стимулирует желчеобразование и желчеотделение.

В эпителии кишечника до 70 % глицерина и высших жирных кислот синтезируются в **хиломикроны** (гр. chylon сок + mikros малый) - частицы нейтрального жира, заключенная в липопротеиновую оболочку, диаметром около 0,5 -1 мкм, ресинтезированные в эпителиоцитах кишечника при всасывании жиров,

которые затем (до 80 %) всасываются в лимфу.

Жиры в составе хиломикронов имеют видовую специфичность. Однако синтез специфичных жиров в слизистой кишечника ограничен.

Остальная часть жирных кислот (в основном короткоцепочных) поступает в воротную вену и печень.

Часть нерасщепленных в кишечнике жиров в виде мельчайшей эмульсии могут всасываться и поступать в лимфу.

Из лимфы липиды поступают в малый круг кровообращения и легкие, где они задерживаются, частично расщепляются и окисляются легочными гистеоцитами (предохраняя кровь от жировой эмболии).

Из легких липиды поступают в печень, ткани и жировое депо.

В печени происходит гидролиз хиломикронов и синтез специфических для организма триглицеридов, фосфолипидов, холестерина, кетонových тел и др.

В жировом депо жир синтезируется в основном из глюкозы.

Жиры в организме могут синтезироваться из углеводов и белков, однако заменить их углеводами и белками нельзя, так как такие высшие жирные кислоты как, линолевая, линоленовая и арахидоновая в организме не синтезируются.

При необходимости жирные кислоты окисляются в тканях. При окислении жирных кислот (β -окисление) образуются масляная, β -оксимасляная, ацетоуксусная и уксусная кислоты, которые окисляются в дальнейшем до CO_2 и H_2O с выделением энергии.

Кетонные тела (β -оксимасляная, ацетоуксусная и ацетон) - продукт неполного окисления жирных кислот. Группа продуктов обмена веществ, которые образуются в печени из ацетил-КоА.

При нарушении углеводного обмена (сахарный диабет) или при длительном голодании (при нехватке углеводов) в крови накапливаются кетонные тела вследствие использования в качестве источника энергии жирных кислот и белков (при окислении кетогенных аминокислот, лейцин, фенилаланин, образуются кетонные тела). В крови появляется ацетон, который выделяется с мочой, потом и выдыхаемым воздухе (запах ацетона). Это приводит к ацидозу и коме.

В норме у человека в крови 1- 6 мг % кетонных тел, а при заболевании сахарным диабетом их количество достигает 300-400 мг%. С мочой в норме выделяется 40 мг кетонных тел в

сутки, а при заболевании 10-50 граммов.

У жителей Крайнего Севера, питающихся в основном мясом и жирами, существует механизм позволяющий использовать кетоновые тела для энергетических целей и не приводит к повышению содержания кетоновых тел в крови (**кетонемии**) и моче (**кетоурии**).

Центр регуляции жирового обмена расположен в гипоталамусе.

Раздражение вентромедиальных ядер ведет к увеличению аппетита и ожирению, а раздражение вентро латеральных вызывает **афагию** (гр. а- отрицание + phagein есть, поедать - отказ от корма).

Симпатическая нервная система (чревный нерв), адреналин, СТГ, АКТГ, глюкокортикоиды, тироксин, глюкагон способствуют мобилизации жира из жирового депо (**липолиз**).

При гипофункции гипофиза, щитовидной железы, половых желез происходит ожирение. У кастратов и женщин во время климакса появляется тучность.

Инсулин и пролактин усиливают образование жира из углеводов (**липогенез**).

Парасимпатическая нервная система способствует депонированию жира в жировое депо.

Особенности обмена жиров жвачных:

1. Синтез высших жирных кислот идет из уксусной (ацетат) и масляной (бутират) кислот. У коров большая часть жиров молока синтезируется из ацетата, β - оксимасляной кислоты, глюкозы.

2. Липиды крови на 75 % представлены фосфолипидами и холестерином.

3. Синтез в преджелудках высших жирных кислот с низким содержанием атомов углерода ($C < 14$) - каприновая, лауриновая, миристиновая.

Углеводы органические вещества, с общей формулой **$C_n(H_2O)_n$** .

Углеводы являются основным источником энергии (У моногастрических животных 65-75 % потребности организма в энергии обеспечивается углеводами, у жвачных 80-90 %).

Углеводы поступают в организм в виде **полисахаридов** (целлюлоза, крахмал, гликоген), **олигосахаридов** (мальтоза, лактоза, сахароза) и **моносахаридов** (глюкоза, фруктоза, галактоза).

Основным источником углеводов для человека является

крахмал. В муке и крупах содержание крахмала составляет 70-80 %, в картофеле - 20%.

Соотношение белков, жиров и углеводов в рационе человека составляет 1:1:5.

Биологическая роль углеводов определяется их энергетической ценностью, способностью к быстрой мобилизации при мышечной работе, при снижении температуры окружающей среды.

Соединяясь с белками, липидами они образуют структурные компоненты клеток. Входят в состав нуклеиновых кислот (рибоза, дезоксирибоза).

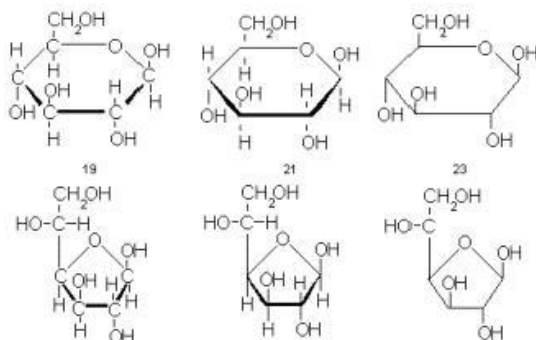


Рис. 83. Углеводы

Содержание углеводов в теле животных невелико. Содержание глюкозы в крови жвачных составляет 50-60 мг%, у моногастрических 100-120 мг%, у птиц до 300 мг%. Общий запас глюкозы в крови человека составляет 5-6 граммов.

Содержание гликогена в печени человека 5-6 % от общей массы (150 - 200 граммов), в мышцах достигает 1 % (200-300 граммов). Общий запас энергии углеводов составляет 500 г • 4,1 ккал = 2050 ккал.

Повышение уровня глюкозы более 120 мг % - **гипергликемия**, понижение ниже 70 мг% **гипогликемия**. При повышении уровня сахара в крови до 170-180 мг% отмечается **глюкозурия** - появление сахара в крови.

При потреблении 50-100 граммов сахара отмечается умеренная, кратковременная **гипергликемия**, а при потреблении 150-200 граммов сахара отмечается алиментарная (пищевая) **глюкозурия**.

У моногастрических животных 70 % углеводов окисляется в

тканях до $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 25 % превращается в жир и 5 % в гликоген.

Ведущее значение в обмене углеводов принадлежит печени.

1. **Гликогенез** (синтез гликогена) и **гликогенолиз** (распад гликогена).

2. **Глюконеогенез** (гр. *glycos* сладкий + *neo* новый + *genesis* зарождение) – синтез глюкозы из пировиноградной, пропионовой, молочной кислот, глицерина, глюконеогенных аминокислот.

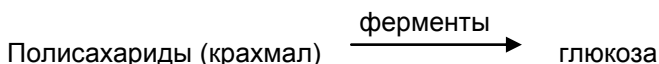
3. Превращение различных углеводов и окисление глюкозы

4. Синтез жира из углеводов

5. Синтез глюкуроновой кислоты (уроновые кислоты входят в состав многих природных полисахаридов гепарина, гиалуроновой кислоты, гемицеллюлоз и др.).

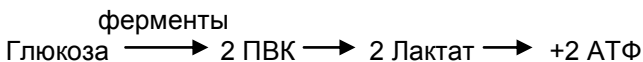
Диссимиляция углеводов осуществляется в три этапа:

1. **Подготовительный** (пищеварение) происходит в желудочно-кишечном тракте, Под действием амилолитических ферментов полисахариды расщепляются до моносахаридов (глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза, ксилоза, арабиноза и др.). Всасывание углеводов происходит только в виде моносахаридов, после их фосфорилирования.



При этом освобождается небольшое количество энергии, которая рассеивается в виде тепла.

2. **Анаэробный** (гликолиз) бескислородное (неполное) расщепление глюкозы под действием клеточных ферментов до пировиноградной кислоты, которая в анаэробных условиях восстанавливается (присоединяет H^+) до молочной кислоты. При этом образуется две молекулы АТФ.

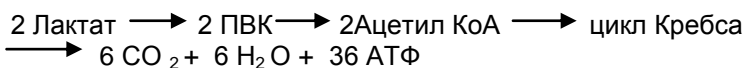


Молочная кислота (лактат) во время отдыха ресинтезируется в печени и мышцах в гликоген 85 %, 15 % окисляется до пировиноградной кислоты, CO_2 и H_2O .

Накопившаяся молочная кислота во время работы вызывает гипервентиляцию легких (для ликвидации кислородной задолженности и ацидоза).

3. **Аэробный** (дыхание происходит внутри митохондрий

при участии ферментов внутриклеточных мембран и матрикса митохондрий). При этом образуется 36 молекул АТФ.



Суммарная реакция



Регуляция углеводного обмена

Влияние нервной системы на углеводный обмен впервые обнаружил Клод Бернар. Он установил, что укол в дно IV мозгового желудочка вызывает мобилизацию углеводных запасов печени и приводит к гипергликемии и глюкозурии.

Центр регуляции углеводного обмена расположен в **гипоталамусе**. Гипоталамус оказывает влияние через гипофиз на выделение ряда гормонов (АКТГ, СТГ, ТТГ) и через вегетативную нервную систему.

Адреналин активирует фермент фосфорилазу, который вызывает распад гликогена в печени и мышцах.

Глюкагон и стимулируют гликогенолиз (распад гликогена).

Глюкокортикоиды способствуют глюконеогенезу.

Тироксин способствует всасыванию глюкозы в кишечнике и ее окислению в тканях.

Инсулин оказывает гипогликемическое действие, способствует синтезу гликогена.

Соматотропный гормон снижает использование глюкозы в качестве источника энергии и усиливает распад жиров.

Парасимпатическая нервная система через блуждающий нерв оказывает влияние на поджелудочную железу, что способствует выделению инсулина.

Симпатическая нервная система (симптоадреналовая система) способствует выделению в кровь катехоламинов (адреналина и норадреналина).

Особенности углеводного обмена у жвачных:

1. Основным источником углеводов является клетчатка.
2. Основным метаболитом углеводного обмена являются ЛЖК.
3. Низкий уровень глюкозы в крови (40 - 60 мг %).
4. Синтез глюкозы из неуглеводных предшественников.

Энергия в организм животных поступает в составе белков,

жиров и углеводов. Обмен энергии и обмен веществ, два взаимосвязанных и одновременно протекающих процесса.

Обмен энергии подчиняется законам термодинамики:

Закон сохранения энергии (энергия не исчезает и не возникает вновь, она лишь переходит из одной формы в другую).

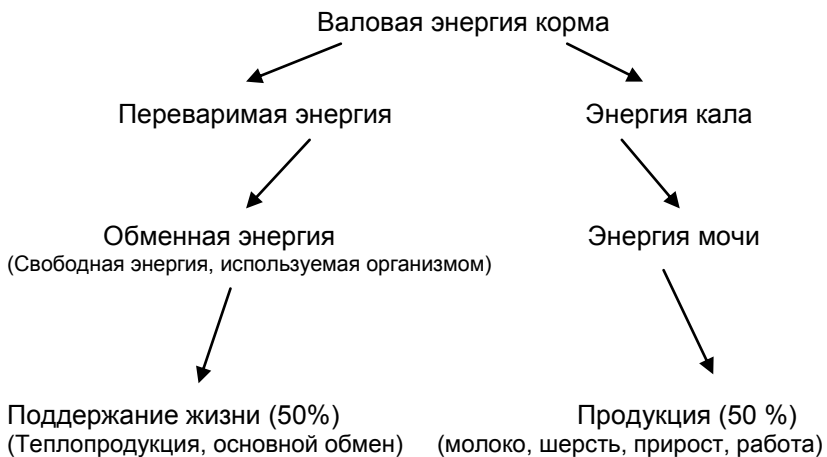
Направление превращения энергии (энергия может переходить только с более высокого уровня на более низкий).

Незначительное количество энергии образуется при переваривании питательных веществ в ЖКТ.

Основное количество энергии освобождается в ходе межклеточного обмена (образования метаболитов и их окисления в цикле трикарбоновых кислот и окисления водорода в дыхательной цепи - окислительное фосфорилирование).

Часть энергии (30-40%) , выделяемой при окислении питательных веществ рассеивается в виде тепла, а оставшая (60-70%) аккумулируется в химических связях АТФ, образующейся в основном при окислительном фосфорилировании в дыхательной цепи.

АТФ - универсальный источник энергии может превращаться во все другие формы энергии (механическую, химическую, электрическую).



Обменная энергия - энергия, которую организм может использовать для процессов жизнедеятельности и образования продукции.

При оптимальных условиях примерно 50 % обменной

энергии используется на образование продукции.

Различают основной, продуктивный и общий обмен энергии.

Общий обмен складывается из основного и продуктивного.

Обмен энергии является интегральным показателем обмена веществ. Для характеристики уровня обмена веществ определяют баланс энергии.

Основной обмен - количество энергии, затрачиваемое организмом в условиях полного покоя (при температуре 18-20 °С, лежа, натощак) для обеспечения минимального уровня обмена веществ и функциональной активности, необходимой для поддержания жизни.

Уровень основного обмена зависит от породы, пола, возраста, физиологического состояния, времени года и др. факторов. У самцов основной обмен выше, чем у самок, у растущих больше, чем у взрослых, днем выше, чем ночью. У лактирующих коров основной обмен выше на 30 %, чем у сухостойных.

Основной обмен у человека равен 1 ккал/ кг живой массы в час. У человека 70 кг · 1 ккал · 24 часа = 1680 ккал.

Для людей (18-29 лет) умственного труда потребность в энергии составит: женщины 2400 ккал (10,1 кДж), мужчины 2800 ккал (11,7кДж). 1 кал = 4,187 Дж., 1 дЖ = 0,239 калл.

Закон поверхности тела М.Рубнера (М. Rubner, 1854-1932 нем. физиолог). Интенсивность обмена веществ, прямо пропорциональна поверхности тела и обратно пропорциональна массе.

Например: Соотношение поверхности к объему составит при длине стороны куба 1, 2 и 3 см соответственно: 1/6 , 1/3 и 1/2.

$$\begin{array}{l} L \quad 1 \text{ см} \quad 2 \text{ см} \quad 3 \text{ см} \\ V \quad 1 \text{ см}^3 \quad 8 \text{ см}^3 \quad 27 \text{ см}^3 \\ S \quad 6 \text{ см}^2 \quad 24 \text{ см}^2 \quad 54 \text{ см}^2 \\ V/S \quad 1/6 \quad 1/3 \quad 1/2 \end{array}$$

Чем мельче животное, тем менее благоприятно соотношение поверхности тела к массе (т.е. выше потери тепла). В расчете на 1 кг мышшь теряет больше тепла, чем человек в 20 раз, бык в 30 раз.

Продукция тепла в расчете на 1 м² поверхности тела величина, более менее, постоянная нежели на 1 кг массы тела. У человека эта величина равна 948 ккал/м² (850-1250 ккал/м²).

Поверхность тела для мужчин равна 1,9 м², женщин 1,6 м².

Потери тепла через поверхность тела составляют более 80 %.

Продуктивный обмен - количество энергии, используемое для производства продукции и выполнения работы.

Баланс энергии (фр. balance весы) - разница между количеством энергии поступающей с пищей и энергией расходуемой организмом.

Учет энергии, выделяемой животным, осуществляют с помощью методов прямой и непрямой калориметрии. Калориметрия (лат. calor тепло + гр. metreo измерять) - измерение выделяемого (или поглощаемого) количества тепла.

Калорическую ценность питательных веществ характеризует калорический коэффициент.

Калорический коэффициент - количество тепла, освобождаемое при сгорании 1 г вещества, составляет: белка 4,1 ккал (17,6 кДж), жира 9,3 ккал (38,9 кДж), углеводов 4,1 ккал (17,6 кДж). 1 кал = 4,187 Дж., 1 Дж = 0,239 кал.

Калорийность питательных веществ (физическая энергия) определяется в калорической бомбе (замкнутая камера в водяной бане) с чистым кислородом.

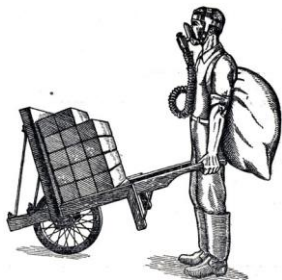


Рис. 84. Непрямая калориметрия

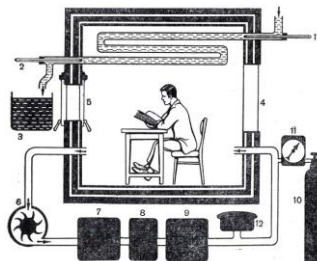


Рис. 85. Прямая калориметрия

Закон изодинамии (М.Рубнера) - питательные вещества могут заменять друг друга в соответствии с их калорическими коэффициентами. Правило изодинамии учитывает только энергетические нужды организма. Так 1 грамм жира может заменить 2,3 г углеводов, или 1 грамм углеводов 0,44 грамма жира.

Физическая энергия превышает физиологическую, так как в тканях не происходит полного окисления питательных веществ.

Прямая калориметрия - определение количества продуцируемой организмом энергии с помощью специальных калори-

метрических камер, позволяющих измерить продукцию тепла животным. Для этого испытуемое животное помещают в калориметрическую камеру, Калориметрическая камера термически изолирована от внешней среды. В стенках ее находятся радиаторы, через которые течет вода с постоянной скоростью. Температура воды определяется при входе и выходе из радиаторов камеры. Зная количество воды, протекшее через радиаторы, и степень ее нагревания можно определить количество тепла.

Непрямая калориметрия основана на определении продуцируемой организмом энергии по газообмену. Газообмен изучают с помощью респираторных (лат. respiratio дыхание) масок. У животных измеряют выдохнутого воздуха за определенное время, содержание в нем углекислого газа и кислорода. На основании соотношения потребленного животными кислорода и выделенного углекислого газа определяют дыхательный коэффициент и калорический эквивалент кислорода.

Дыхательный коэффициент - отношение выделенного организмом CO_2 к потребленному O_2 .

При окислении углеводов дыхательный коэффициент равен 1, белков 0,8, жиров 0,7, так как в составе белков и жиров содержится меньше кислорода, чем в углеводах. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 = 6 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO}_2$. $\text{CO}_2/\text{O}_2 = 1$.

Калорический эквивалент кислорода - количество энергии, освобождаемое при использовании 1 литра кислорода для полного окисления, какого либо субстрата (табл. 1).

Калорический эквивалент кислорода по таблице (при дыхательном коэффициенте 0,99) составит 21,076 кДж.

Постоянство температуры тела является основной физиологической константой. Снижение температуры тела ниже 25°C и повышение выше $42,2^\circ\text{C}$ приводит к потере сознания и вызывает гибель организма (нарушается коллоидное состояние белков).

Например, понижение температуры тела до 32°C вызывает озноб, но не представляет очень серьезной опасности. При 27°C наступает кома, происходит нарушение сердечной деятельности и дыхания. Температура ниже 25°C критическая.

В отличие от холоднокровных (пойкилотермных) животных температура тела теплокровных (гомойотермных) животных (млекопитающие, птицы) не зависит от температуры окружающей среды.

У холоднокровных (пойкилотермных) температура тела превышает на $1-2^\circ\text{C}$ температуру внешней среды или равна ей.

Усиление теплообразования отмечается, когда температура окружающей среды становится ниже оптимальной (зоны комфорта). В обычной легкой одежде эта зона находится в пределах 18-20°, а для обнаженного человека 28°C.

Наиболее интенсивное теплообразование в мышцах при их сокращении. Относительно небольшая двигательная активность ведет к увеличению теплообразования в 2 раза, а тяжелая работа в 4-5 раз и более. Однако в этих условиях существенно возрастают потери тепла с поверхности тела.

При продолжительном охлаждении организма возникают произвольные периодические сокращения скелетной мускулатуры. При этом почти вся метаболическая энергия в мышце освобождается в виде тепла.

Активация в условиях холода симпатической нервной системы стимулирует липолиз в жировой ткани. В кровотоке выделяются и в последующем окисляются с образованием большого количества тепла свободные жирные кислоты.

Гормоны надпочечников и щитовидной железы, усиливая обмен веществ, вызывают повышенное теплообразование.

Температура тела важный показатель клинического исследования.

Температура тела животных °С:

Крупный рогатый скот 37,5-39,5, лошади 37,5-38,5, овцы, козы 38,5-40,0, свиньи 38,0-40,0, куры 40,0-42,0, утки 41,0-43,0, гуси 40,0-41,0, собаки 37,5-39,5, кошка 38,0-39,5, кролики 38,5-39,5, еж 35 (в спячке 6).

Выяснилось, что во время спячки скорость обмена веществ у медведя падает на 75%, тогда как температура тела - всего на 5-6 градусов. Температура тела уменьшилась примерно до 30 °С.

У большинства животных метаболизм замедляется примерно вдвое на каждые 10 градусов снижения температуры. Кроме того, еще две-три недели после пробуждения метаболизм медведей даже при нормальной температуре тела оставался замедленным почти на 50%. Частота сердцебиения во время спячки падала с 55 ударов до девяти, а частота дыхания - до одного-двух раз в минуту.

Температура наружной оболочки тела (кожа, скелетные мышцы) - непостоянна, а ядро тела (органы грудной, брюшной полости, таза, головного мозга) имеет постоянную температуру. Разница между температурой внутренних органов, мышц и кожи может составлять до 5 - 10°C.

Теплопродукция - химический процесс происходит в митохондриях всех органов. Наибольшее количество тепла в расчете на 1 кг тела образуется в печени (температура печени у человека 37,8 - 38,0 °С), сердце, мозге, эндокринных железах. Поскольку мышцы составляют 35 - 50 % от массы тела, то наибольшее количество тепла образуется в них. При работе в мышцах образуется до 80 % тепла.

Теплоотдача (физический процесс) происходит путем:

1. **Радиации** (теплоизлучение). Излучение инфракрасных лучей (40 - 55 % потери тепла). Все предметы, имеющие температуру выше 0 °С излучают инфракрасные лучи. Инфракрасное излучение - область между красным концом видимого света с длиной волны 0,74 мкм и микроволновым излучением 1-2 мм. Количество тепла, рассеиваемого организмом в окружающую среду с излучением, пропорционально площади поверхности тела, которые соприкасаются с воздухом, и разностью температур кожи и окружающей среды. Отдача тепла излучением прекращается, если выравнивается температура кожи и окружающей среды.

2. **Испарение** жидкости с поверхности тела (пот) и дыхательных путей. У человека при температуре внешней среды 20°С испаряется через потовые железы около 600-800 г воды в сутки. Потеря тепла составляет 20-30 %. Испарение жидкости с поверхности происходит при влажности воздуха менее 100%.

3. **Конвекции** (перенос движущейся средой). Передача тепла движущейся массой воздуха (или воды). Тело согревает слой воздуха или воды при непосредственном контакте с кожей. Теплый воздух поднимается вверх. В воде посредством конвекции теряется 90 % тепла. Теплоемкость воды в 4 раза больше чем воздуха, а теплопроводность в 25 раз. В безветренную погоду потери минимальные. Обычно потери тепла 15 - 20 % (при сквозняках потери значительно выше).

4. **Кондукция** (англ. conduction проводимость) - передача тепла различным физическим предметам, с которыми тело непосредственно соприкасается (в основном лежа). Потери незначительные 5-10 %.

5. **Нагревание** корма и воды, холодного воздуха, потери с выделениями (кал, моча, молоко) 10 %.

Центр регуляции температуры тела расположен в **гипоталамусе** и состоит из центра теплоотдачи и центра теплопродукции. В гипоталамусе расположены терморецепторы, реагирующие на температуру омывающей их крови.

При снижении температуры тела гипоталамус усиливает секрецию калоригенных гормонов щитовидной железы и повышается теплопродукция.

Многочисленные тепловые и холодовые рецепторы (тельца Руффини, колбы Краузе) кожи посылают импульсы к центру, от которого идут импульсы к сосудодвигательному центру продолговатого мозга в результате чего сужаются или расширяются сосуды кожи и изменяется теплоотдача.

На кожной поверхности температурные точки расположены неравномерно и залегают на различной глубине. Холодовые рецепторы расположены более поверхностно (0,17 мм), чем тепловые (0,3 мм). Самое большое количество термочувствительных точек находится на лице, в области губ и век. Тепловых точек примерно в 10 раз меньше, чем холодových, а на некоторых участках тепловые точки отсутствуют (периферия роговицы и конъюктива глаза).

Приспособление к холоду у теплокровных животных происходит в основном за счет теплоизоляционной способности их тела (шерсть, оперение, подкожный жир). Сужаются сосуды кожи. Встопорщивается шерсть. Гусиная кожа, волоски становятся дыбом. Дрожь (тремор) мышечные сокращения, увеличивают теплопродукцию.

При гипотермии (понижении температуры тела ниже 35 °С в подмышечной впадине) вначале происходит возбуждение симпатической нервной системы. Резко усиливается теплопродукция. Появляется мышечная дрожь.

При снижении температуры ниже 35 °С возникает состояние подобное наркозу: исчезает чувствительность, понижается возбудимость ЦНС, ослабевают рефлекторные реакции, понижается интенсивность обмена веществ, замедляется дыхание, падает артериальное давление (18 - 24 мм рт. ст.), снижается ЧСС.

При снижении температуры тела снижается потребность в кислороде. Это используют при операциях на сердце и мозге. При охлаждении применяют нейроплегики и миорелаксанты блокирующие передачу импульсов с симпатической нервной системе на скелетные мышцы (для предотвращения усиления теплопродукции). Тело человека охлаждают до 24 -28 °С. Мозг выдерживает обескровливание в течение 20 минут вместо 3-5 минут.

У человека при температуре 24 -28 °С наступает потеря сознания, нарушается автоматия сердца и наступает смерть.

Летальная температура у собак 18-20 °С, у кошек 14-16

С°С, у крыс 13 -15 °С.

Гипертермия - повышение температуры тела выше 40- 41 °С приводит к тепловому удару. Температура окружающей среды 35°С при 100 % влажности является пределом поддержания постоянной температуры тела.

Минеральные вещества участвуют во всех физиологических процессах. Входят в состав всех органов и тканей. В качестве катализаторов участвуют в обмене веществ. Необходимы для кроветворения и свертывания крови. Поддерживают водный баланс и осмотическое давление внутренней среды организма. Участвуют в поддержании кислотно-щелочного равновесия. Принимают участие в генерации биопотенциалов в тканях и сокращении мышц.

В зависимости от содержания минеральных веществ в крови различают:

Макроэлементы (содержатся в мг % т.е. мг в 100 мл крови) натрий (Na) 270-350; хлор (Cl) 350 - 370; калий (K) 20-25; кальций (Ca) 9,5-12,0; фосфор (P) 4,5-6,5; магний (Mg) 2,5-3,5; сера (S); железо (Fe) мг %.

Микроэлементы (содержатся в мкг %, т.е. мкг в 100 мл крови) цинк (Zn) 200-400; медь (Cu) 70-100; марганец (Mn) 15-25; кобальт (Co) 3-5; йод (I) 2,5-3,5; селен (Se) 5-8 мкг.

Ультрамикроэлементы уран (U), золото (Au), бериллий (Be), ртуть (Hg), цезий (Ze), радий (Pa), и другие. Их концентрация не превышает 0,000001%. Физиологическая роль многих из них не установлена. Большинство этих элементов также необходимы для нормального функционирования организма.

Макроэлементы.

Натрий содержится преимущественно в межклеточной жидкости. Создает осмотическое давление, обеспечивает переход воды и растворенных веществ через мембраны. Участвует в генерации биопотенциалов. Повышает активность ферментов. Входит в состав буферных систем крови.

Калий содержится преимущественно внутри клеток (внутриклеточный катион). Участвует в генерации биопотенциалов. Понижает тонус мышц, замедляет ритм сердечных сокращений. Участвует в поддержании осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия, синтезе ацетилхолина.

Кальций входит в состав костей, зубов. Принимает участие в транспорте натрия и калия через мембраны и поддержании нормальной возбудимости нервной и мышечной ткани. По-

вышает тонус нервной системы и кровеносных сосудов. Понижает проницаемость капилляров. Повышает защитные свойства организма. Участвует в сокращении мышц и процессах свертывания крови. Активирует ряд ферментов.

При недостатке у молодняка развивается рахит, у взрослых животных остеопороз (рассасывание костной ткани) и остеомалация (размягчение и деформация костей).

Фосфор входит в состав костей, зубов, мембран клеток, нуклеиновых кислот, сложных белков, липидов, углеводов, макроэргов (АТФ, креатинфосфат, ацетил-КоА и др.), ферментов, буферных систем крови. При недостатке у молодняка развивается рахит, у взрослых животных остеопороз и остеомалация.

Магний входит в состав костей. Участвует в окислительных реакциях. Активирует ряд ферментов, необходим для мышечных сокращений. Способствует повышению резистентности организма.

Сера входит в состав аминокислот (метионин, цистин, цистеин), белков, ферментов (кофермент А), гормонов, витаминов (тиамин, биотин).

Хлор входит в состав соляной кислоты желудочного сока. Участвует в поддержании осмотического давления. Активирует ферменты. Нормализует функцию нервной системы.

Железо входит в состав гемоглобина, миоглобина, ферментов, участвующих в реакциях биологического окисления (пероксидаза, каталаза, цитохромы). Участвует в процессах кроветворения. При недостатке возникает анемия.

Микроэлементы.

Кобальт входит в состав витамина В₁₂. Необходим для нормального кроветворения. Активирует ряд ферментов. Участвует в обмене азота и биосинтезе белков. Стимулирует развитие микрофлоры в преджелудках жвачных. Недостаток вызывает анемию. Шерсть становится матовой и ломкой.

Медь входит в состав белков, ферментов. Активирует ряд ферментов. Участвует в синтезе гемоглобина, белков соединительной ткани, пигментации и кератизации шерсти и перьев, формировании костной ткани. Оказывает влияние на обмен веществ и воспроизводительную функцию. При недостатке нарушается рост, деятельность нервной и мышечной ткани, кроветворение (развивается анемия), происходит депигментация кожного волоса.

Марганец входит в состав некоторых ферментов. Играет

важную роль в обмене веществ. Повышает активность многих ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях. При недостатке происходит задержка роста и нарушение воспроизводительной функции (снижается синтез половых гормонов).

Цинк входит в состав ряда ферментов. Участвует в обмене белков, жиров углеводов, нуклеиновых кислот и минеральных веществ. Оказывает стабилизирующее влияние на мембраны клеток, рост, развитие, воспроизводительную функцию, процессы костеобразования, кроветворения. Необходим для нормального развития эпителиальных тканей. При недостатке ухудшается пищеварение и всасывание в кишечнике, происходит задержка роста и снижение воспроизводительной функции. Отмечаются повреждения кожи. Кожа покрывается сыпью и струпьевидными уплотнениями, а позднее на поврежденных участках возникает бактериальная инфекция.

Йод входит в состав гормонов щитовидной железы. Недостаток вызывает снижение интенсивности обмена веществ и как следствие продуктивности. Развивается эндемический зоб. У беременных животных происходят выкидыши, рождение мертвого приплода, задержка последа.

Селен регулирует обмен витамина Е и депонирование его в организме. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Совместно с витамином Е в составе мембран митохондрий выполняет защитную функцию. Является антиоксидантом. При недостатке возникает беломышечная болезнь, дистрофия печени, дегенерация яичников, разрушение эритроцитов, анемия и др.

Фтор содержится в костях, зубах, сперме. При недостатке отмечается потеря аппетита, деформация скелета. Возникает кариес зубов. При избытке нарушается обмен веществ и отмечается утолщение суставов. Фтор вместе с кальцием и фосфором предотвращает развитие кариеса он проникает в микротрещины на зубной эмали и сглаживает их;

Витамины – низкомолекулярные органические соединения, обладающие высокой биологической активностью. Витамины не являются пластическим материалом или источником энергии, однако они необходимы для нормального обмена веществ и жизнедеятельности живых организмов. Многие витамины являются предшественниками коферментов и простетических групп ферментов. Различают жирорастворимые и водорастворимые

витамины.

Жирорастворимые витамины: А, D, E, К.

Витамин А – группа жирорастворимых соединений: ретинол (витамин А₁), дегидроретинол (витамин А₂), ретиналь (ретиноен, альдегид витамина А₁), ретиноевая кислота.

Источники: молоко, масло, печень рыб, яйца. В растительных кормах (красный перец, плоды шиповника, шпинат, хвоя, зеленый лук и др.) содержится предшественник витамина А каротин, из которого синтезируется в стенке тонкого кишечника и печени витамин А.

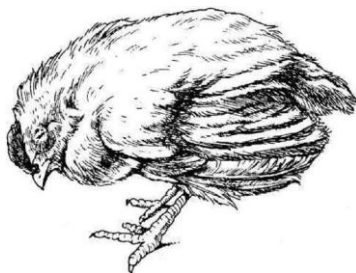


Рис. 86. Кератоконъюнктивит при недостатке витамина А

Рис. 87. Поздняя стадия авитаминоза А (взъерошенный вид, выделения из глаз)

Значение: участвует в окислительно-восстановительных процессах. способствует нормальному обмену веществ, функции клеточных мембран, дифференцировки и развития эпителия, нормального роста. Необходим для синтеза родопсина - зрительного пигмента сетчатки глаз.

Гиповитаминоз: вызывает сухость роговицы (ксерофтальмию), ороговение роговицы (кератинизацию), размягчение роговицы (кератомалация) снижение сопротивляемости к инфекционным заболеваниям. Нарушение темновой адаптации (куруную слепоту). Нарушение функций репродуктивных органов.

Витамин D (антирахитический) - группа жирорастворимых соединений: эргокальциферол D₂, холекальциферол D₃, дигидро-эргокальциферол D₄, этилхолекальциферол D₅, дигидроэтил-кальциферол D₆.

Источники: жир и печень морских рыб и млекопитающих, молоко, сливочное масло, яйца. Синтезируется в коже под воздействием ультрафиолетовых лучей из холестерина.

Значение: участвует в регуляции минерального (способствует всасыванию кальция и фосфора в кишечнике и отложению их в костной ткани) и энергетического обмена (способствует использованию азота и углеводов в организме).

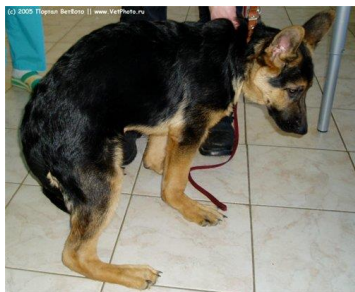


Рис. 88. Рахит у собаки



Рис. 89. Искривление позвоночника

Гиповитаминоз: у молодняка вызывает рахит (конечностей становятся мягкими и деформируются), у взрослых остеомаляцию (размягчение костей) и остеопороз (пористость и ломкость костей).

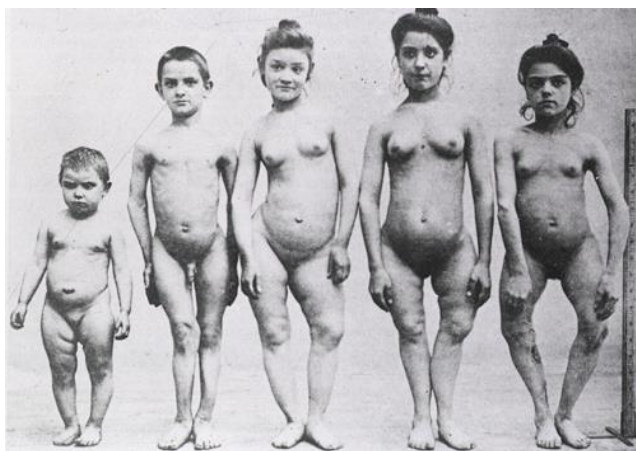


Рис. 90. Рахит у детей

Витамин Е (антистерильный) – токоферол (гр. tokos роды, потомство + rherō несу, приношу + лат. oleum масло).

Источники: зародыши злаков, растительные и животные масла, молоко, яйца, печень, мясо, зеленые овощи.

Значение: участвует в обмене веществ, предотвращает окисление жира (антиоксидант), способствует сохранению в организме витамина А.

Гиповитаминоз: бесплодие (атрофия семенников, гибель и рассасывание плода), мышечная дистрофия, некроз печени.

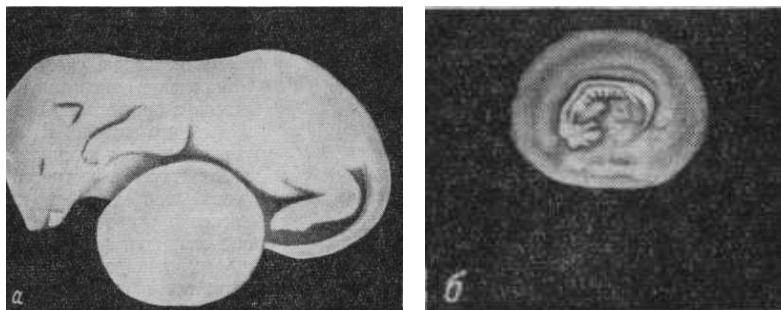


Рис. 91. Авитаминоз Е у крыс. а - нормальный эмбрион с плацентой на 21-й день развития, б - резорбирующийся эмбрион крысы с плацентой на 21-й день беременности при авитаминозе Е

Витамин К (антигеморрагический витамин) - группа жирорастворимых соединений, производных нафтохинона. Филлохинон (витамин K_1), мультипренилменахинон (витамины K_2), менадион (витамин K_3).



Рис. 92. Авитаминоз К
Кровоизлияние на крыле цыпленка



Рис. 93. Кровоизлияния
на коже человека

Источники: синтезируется микрофлорой желудочно-кишечного тракта, содержится в молозиве, печени, небольшое количество в травяной муке.

Значение: участие в синтезе протромбина (фактор II) и других факторов свертывания крови.

Гиповитаминоз: множественные точечные кровоизлияния (геморрагии) в подкожной клетчатке и во внутренних органах.

Водорастворимые витамины.

Витамин С (антицинговый, антискорбутный гр. scorbutus цинга) - аскорбиновая кислота.

Источники: зеленые корма, плоды шиповника, грецкие орехи и др.

Значение: входит в состав ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях. Способствует повышению резистентности организма, участие в обмене веществ, кроветворении, регуляция проницаемости капилляров. Оказывает противовоспалительное и противоаллергическое действие. Стимулирует синтез коллагена, необходимого для заживления ран. Мощный антиоксидант.

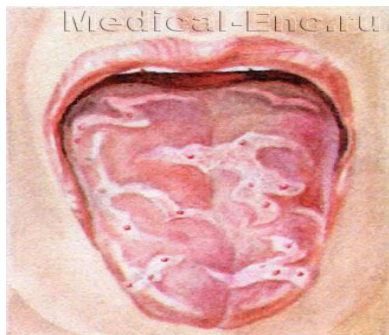


Рис. 94. Мозаичный налет на языке Рис. 95. Кровоточивость десен, выпадение зубов

Гиповитаминоз: кровоточивость десен, выпадение зубов, возникновения синяков, плохое заживление, ран, вялость, потеря волос, сухость кожи, раздражительность, общая болезненность, суставная боль, депрессия.

Витамин В₁ (антиневритный) - тиамин.

Источники: содержится в дрожжах, зародышах и оболочках пшеницы, овса, гречихи, в хлебе, изготовленном из муки

простого помела, картофеля, грецких орехах, печени. Синтезируется микрофлорой желудочно-кишечного тракта.

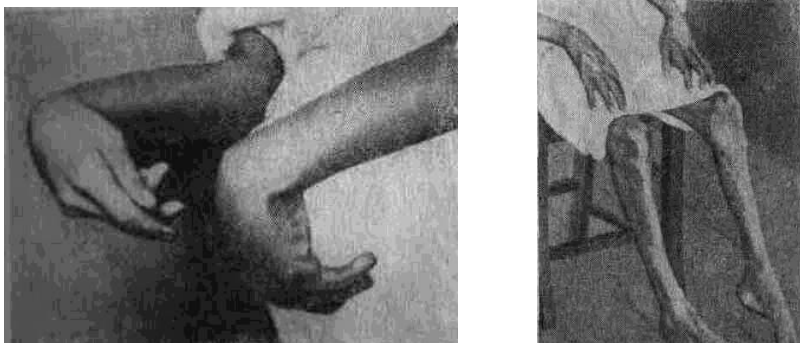


Рис. 96, 97. Авитаминоз В₁ (заболевание «бери-бери»)

Значение: является составной частью кофермента тиаминпирофосфата входящего в состав пируватдекабоксилазы, транскетолазы и ряда других ферментов, участвующих в углеводном обмене. Играет важную роль в нормальном функционировании коры головного мозга.

Регулирует обмен веществ в нервной ткани, участвует в синтезе ацетилхолина.



Рис. 98. Запрокидывание головы к спине при В₁ - авитаминозе

Гиповитаминоз: нарушению углеводного обмена и накоплению в тканях молочной и пировиноградной кислоты, что в свою очередь может привести к нарушению сердечной деятельности и функций нервной системы (полиневриты). Полное отсутствие тиамина в пище ведет к истощению, мышечной слабости, атрофии и параличу конечностей (заболевание «бери-бери»).

Витамин В₂ - рибофлавин, лактофлавин.

Источники: молочные и мясные продукты, дрожжи, печень, яйца, семена злаков, томаты, зеленый горошек, лук. Синтезируется микрофлорой кишечника.

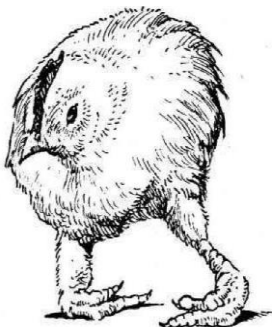


Рис. 99. Гиповитаминоз В₂

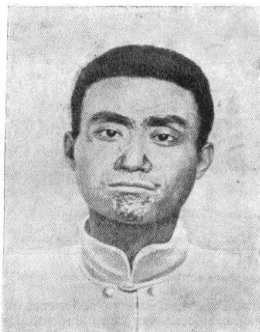


Рис. 100. Дерматит (В₂ авитаминозе)

Значение: входит в состав ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции. Участвует в обмене белков, жиров и углеводов. Нормальное функционирование нервной системы, половых желез.

Гиповитаминоз: замедление роста, мышечная слабость, параличи, дерматит и выпадение шерсти, нарушение репродуктивных функций.

Витамин В₃ (РР антипеллагрический, англ. pellagra preventing предупреждающий пеллагру) - никотиновая кислота, ниацин, никотинамид.

Источники: дрожжи, печень, почки, пшеничные отруби, хлеб, крупа, зернобобовые, грибы, помидоры.

Значение: входит в состав ниацинамададениндинуклеотида (НАД) и ниацинамададениндинуклеотидфосфата (НАДФ) являющихся коферментами дегидрогеназ, катализирующих окислительно-восстановительные процессы. Стимулирует секрецию пищеварительных соков, работу сердца.

Гиповитаминоз: шероховатая кожа (пеллагра), разъедающие язвы, дерматит, диарея, нарушение функций коры больших полушарий, быстрая утомляемость, слабость мышц, боль в конечностях, потеря аппетита.

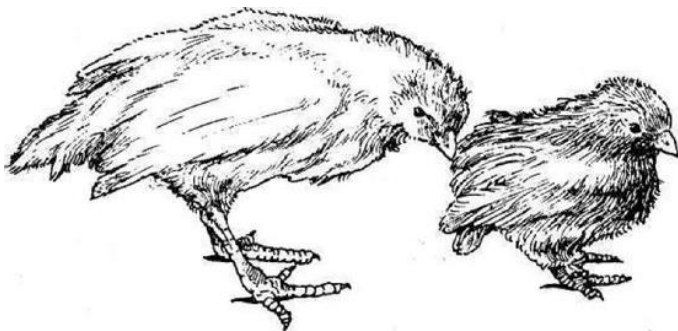


Рис.101. Цыпленок слева получал никотиновую кислоту в норме, цыпленок справа - нет

Витамин В₄ (холин; гр. chole желчь).

Источники: зеленые листья, дрожжи, злаки, зернобобовые, жмыхи, шроты, печень, рыбная и мясокостная мука. Может синтезироваться в организме из метионина.

Значение: участвует в обмене жира и синтезе фосфолипидов в печени. Ускоряет всасывание жира. Предупреждает жировую инфильтрацию (повышение содержания жира) печени. Входит в состав лецитинов (фосфолипиды), участвует в синтезе ацетилхолина, усиливает моторику кишечника. Является донором метильных групп в реакциях метилирования.

Гиповитаминоз: жировая дистрофия печени.

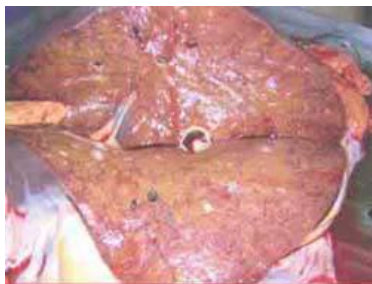


Рис. 102. Жировая дистрофия печени

Витамин В₅ (антидерматитный фактор) - пантотеновая кислота, гр. panthoten отовсюду.

Источники: зеленые растения, злаки, печень, почки. Синтезируется микроорганизмами желудочно-кишечного тракта.

Значение: участвует в обмене веществ, входит в состав кофер-мента А.

Гиповитаминоз: замедление роста, поражения кожи (дерматиты), выпадение шерсти, поражения слизистой и дегенеративные изменения внутренних органов, поражение центральной нервной системы.



Рис. 103. Дерматит на руках



Рис.104. Дерматит на лице

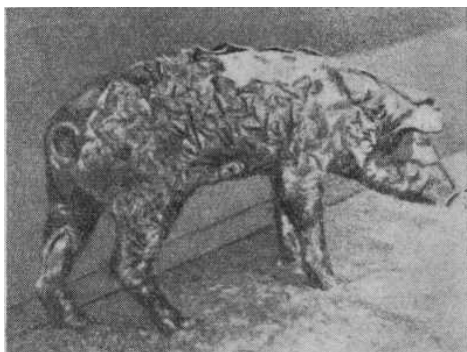


Рис. 105. Пантотеновая недостаточность у свиней. Явления острого дерматита

Витамин В₆ пиридоксин (адермин).

Источники: дрожжи, яичный желток, икра, бобы, горох, фасоль, кукуруза, пшеница.

Значение: необходим для нормального функционирования центральной и периферической нервной системы, участвует в синтезе нейромедиаторов. Обеспечивает процессы декарбоксилирования, переаминирования, дезаминирования аминокислот, участвует в синтезе белка, ферментов, гемоглобина, простагландинов, обмене серотонина, катехоламинов, глутами-

новой кислоты, ГАМК, гистамина, улучшает использование ненасыщенных жирных кислот, снижает уровень холестерина и липидов в крови, улучшает сократимость миокарда, способствует превращению фолиевой кислоты в ее активную форму, стимулирует гемопоэз.

Гиповитаминоз: нарушение функции центральной нервной системы, судороги, параличи, потеря аппетита, слабость, анемия, снижение количества лейкоцитов, воспаление кожи и поражение нервов.

Витамин В_с – фолиевая кислота; лат. folium лист.

Источники: свежие овощи, салат, капуста, морковь, помидоры, печень, яичный желток, дрожжи.

Значение: способствует лучшему усвоению витамина В₁₂ в желудке, участвует в кроветворении (стимулирует эритропоэз), в жировом и белковом обмене.

Гиповитаминоз: анемия, задержка роста, жировая инфильтрация нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта.

Витамин В₁₂ (антианемический) - цианокобаламин.

Источники: печень, почки, сыр, рыба, мясо - костная мука, обрат, сыворотка.

Значение: Участвует в процессах трансметилирования, переносе водорода, в кроветворении (синтез гемоглобина), синтезе нуклеиновых кислот, метионина, холина. Обладает выраженным липотропным действием, предупреждает жировую инфильтрацию печени. Стимулирует белковый обмен.

Гиповитаминоз: нарушение кроветворения и анемия, расстройство белкового обмена, функций печени (симптомы сходны с авитаминозом В_с).

Витамин В₁₅ (антианоксический) - пангамовая кислота.

Источники: печень, яйца, молоко, оболочки семян злаковых.

Значение: окислительно-восстановительные реакции, усиливает кислородный обмен в тканях, предупреждает жировую инфильтрацию печени. Стимулирует окислительные превращения в организме, может служить донором металльных групп в реакциях метилирования (подобно холину), с чем связано её липотропное действие.

Гиповитаминоз: жировое перерождение печени.

Витамин Р (витамин проницаемости) - цитрин.

Источники: виноград, смородина, шиповник, фрукты.

Значение: укрепляет стенки капилляров и регулирует их

проницаемость.

Гиповитаминоз: повышенная проницаемость капилляров (точечные кровоизлияния на коже), слабость и быстрое утомление.

Витамин U (противоязвенный фактор) - S метилметионин.

Источники: капуста белокачанная, томаты, петрушка.

Значение: оказывает благоприятный эффект при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрите, колите, гепатите. Обладает антигистаминной активностью.

Гиповитаминоз: хронический гастрит, язва желудка.

Витамин H (антисеборейный) - биотин.

Источники: печень, почки, желток, дрожжи, бобы, цветная капуста.



Рис. 106. Себорея. Нарушение функций сальных желез. Шелушение кожи и образование плотных корочек

Значение: входит в состав ферментов, катализирующих карбоксилирование и транскарбоксилирование.



Рис. 107. Явления острого дерматита

Гиповитаминоз: шелушение и воспаление кожных покровов (дерматиты), выпадение шерсти, усиленное выделение жира сальными железами кожи (себорея).

У крыс находящихся на двухмесячном рационе содержащем 35% сырого яичного белка происходило отслоение и шелушение кожи, выпадение волос отмечалась ненормальная поза животного.

Тема: Физиология органов выделения

Вопросы: Значение органов выделения. Строение, особенности кровоснабжения и функции почек. Нефрон, структурная и функциональная единица почек. Состав мочи. Механизм образования мочи. Регуляция мочеобразования. Особенности мочеобразования и мочевыделения у птиц. Выделительная функция кожи. Состав пота. Регуляция потоотделения. Термины по теме «Физиология органов выделения».

В процессе жизнедеятельности в организме образуются конечные, ядовитые продукты обмена, которые должны выводиться. При нарушении выделительной функции печени (в опытах Павлова с переброской воротной вены в заднюю полую вену) собака погибала в течение суток от самоотравления.

К органам выделения относятся: почки, легкие, желудочно-кишечный тракт и кожа.

Почки выделяют до 75 % конечных продуктов обмена веществ. Почки выводят с мочой конечные продукты распада белков - азотистые шлаки (мочевину, мочевую кислоту, аммиак, креатин и др.), избыток воды и солей, чужеродные вещества (лекарства, краски и др.), кетоновые тела. В норме в крови 20-40 мг % азотистых шлаков, а при заболевании почек до 100 мг %. За сутки у человека выделяется 1-1,5 литров мочи и 20-30 г мочевины.

Через легкие удаляется из организма 99 % CO_2 , вода и летучие вещества.

Через кожу (потовые и сальные железы) выделяются продукты белкового обмена, минеральные веществ, ЛЖК, 1 % CO_2 .

Через желудочно-кишечный тракт (в составе соков) выделяются чужеродные вещества, минеральные вещества, особенно соли тяжелых металлов, кислые и щелочные продукты обмена веществ, желчные кислоты и пигменты, холестерин, лекарственные вещества, вода.

Значение органов выделения заключается не только в

удалении из организма конечных продуктов обмена, но участие их в регуляции осмотического давления крови, поддержании ионного состава, кислотно-щелочного равновесия, регуляции артериального давления, регуляции обмена веществ, выработке биологически активных веществ (участвующих в различных физиологических процессах).

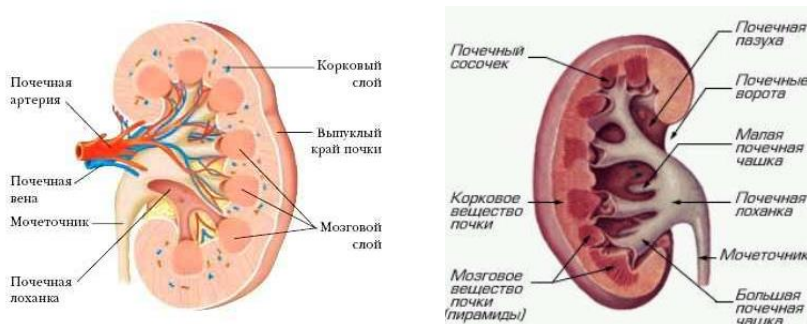


Рис. 108. Схема строения почки

Почки (лат. *renes*) парные органы бобовидной формы, расположенные в поясничной области брюшной полости. Снаружи почка покрыта соединительнотканной оболочкой - капсулой. На медиальной (вогнутой) стороне расположено углубление - ворота почек, через которые проходит почечная артерия, вены, нервы, лимфатические сосуды и мочеточник. Из ворот ход ведет в почечную лоханку.

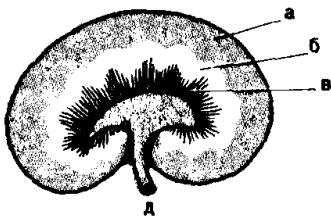
Почки - полифункциональный орган их поражение не совместимо с жизнью. Почки состоят из наружного коркового и мозгового слоя. В мозговом слое находятся конические структуры - почечные пирамиды. Верхушки пирамид (сосочки) направлены в сторону ворот. В сосочке имеется множество отверстий, через которые выделяется моча.

Масса почек составляет 0,45-0,7 % от массы тела. Масса одной почки у КРС 500-700 г, лошади 450-750, свиньи 200-250 г (у человека 150-200 г).

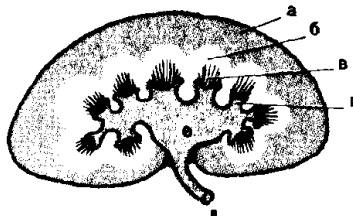
В почках очень высокий обмен веществ (в 2 раза интенсивнее, чем в сердце). Почки потребляют 10 % кислорода.

В зависимости от слияния долей различают гладкие и бороздчатые почки. Гладкие однососочковые (лошадь, кошка, кролик), гладкие многососочковые (свинья, овца, коза, человек), бо-

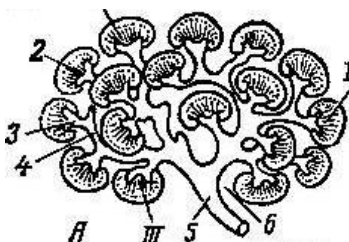
роздчатые многососочковые (крупный рогатый скот), множественные (медведь, киты, выдра).



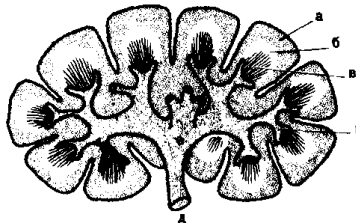
Гладкая однососочковая



Гладкая многососочковая



Множественная



Бороздчатая многососочковая

Рис. 109. Типы почек

Функции почек:

Экскреторная. Выделение конечных продуктов азотистого обмена, чужеродных веществ, избытка органических и минеральных веществ.

Поддержание осмотического давления, объема жидкости в организме, ионного состава крови и кислотно-щелочного равновесия.

Регуляция артериального давления. Вырабатывают сосудосуживающие и сосудорасширяющие вещества (ренин, брадикинин, простагландины) регулирующие кровоснабжение почек и артериальное давление.

Регуляция кроветворения (гемопозза). Синтезируют и выделяют эритрогенин, превращающий плазменный эритропоэтиноген в эритропоэтин.

Участвуют в процессах свертывания крови. Вырабатывают факторы гемостаза (тромбопластин) и фибринолиза.

Инкреторная функция. Вырабатывают биологически активные вещества (простагландины A_2 и E , обладающих сосудорасширяющим действием, эритропоэтин - стимулирует образование эритроцитов в красном костном мозге, ренин, брадикинин - вазодилататор регулирует почечный кровоток и выделение Na , и др.). В почках происходит превращение витамина D в наиболее активную форму 1,25 дигидрооксихолекальциферол D_3 .

Метаболическая функция. Регуляция обмена веществ.

Количество нефронов в одной почке человека около 1млн., коров - 4 млн., свиней 1,5 млн., овец 1 млн.

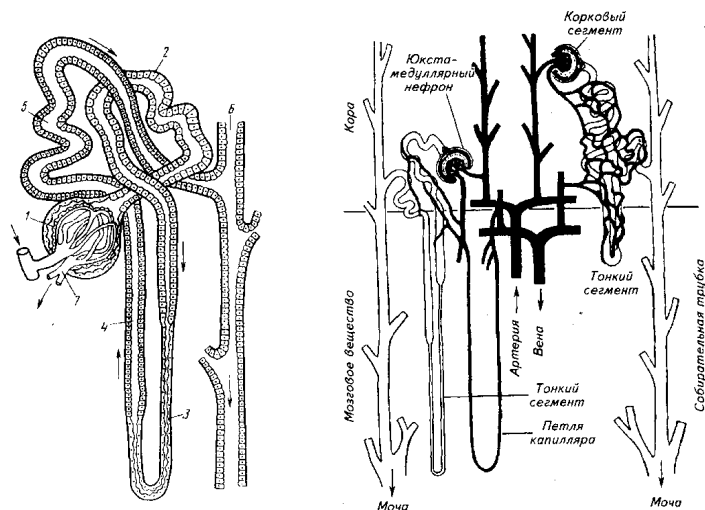


Рис. 110. Строение нефрона

Существует несколько типов нефронов, отличающихся по степени погружения клубочков в корковый слой: **кортикальные** нефроны, лежащие внутри коркового слоя (~85 %), **юкстамедуллярные** нефроны, расположенные на границе коры и мозгового слоя почек (~15 %) и **поверхностные**, лежащие снаружи коркового слоя (суперфициальные ~15 %).

Юкстамедуллярные нефроны (juxta вблизи + medula мозг) участвуют в мочеобразовании менее активно. Имеют длинную петлю Генле. Приносящие и выносящие сосуды имеют одинаковый диаметр. Выносящий сосуд не образует вторичной капиллярной сети вокруг канальцев, а впадает в венозную сеть.

Имеют гранулярные (юктагломерулярные) клетки между выносящей и приносящей артериолами. Юкстамедуллярные нефроны играют роль шунта, по которому проходит часть крови через почки в условиях сильного кровенаполнения.

Юктагломерулярный комплекс (juxta вблизи + glomerulus клубочек) – совокупность структур, расположенных у почечного клубочка, между приносящей и выносящей артериолами. Состоит из гранулярных клеток. Гранулы юктагломерулярного комплекса вырабатывают **ренин** (протеолитический фермент, играющий важную роль в водно-солевом обмене). Ренин отщепляет (в плазме крови) от ангиотензиногена **ангиотензин – I** (состоящий из 10 остатков аминокислот), из которого образуется **ангиотензин - II** (состоящий из 8 остатков аминокислот). Ангиотензин - II, является сильнодействующим сосудосуживающим веществом и способствует секреции альдостерона.

Кортикальные нефроны контролируют объем плазмы крови при нормальном количестве воды в организме, а при недостатке воды происходит усиленная ее реабсорбция в юкстамедуллярных нефронах. В обычных условиях функционирует лишь 10 % нефронов.

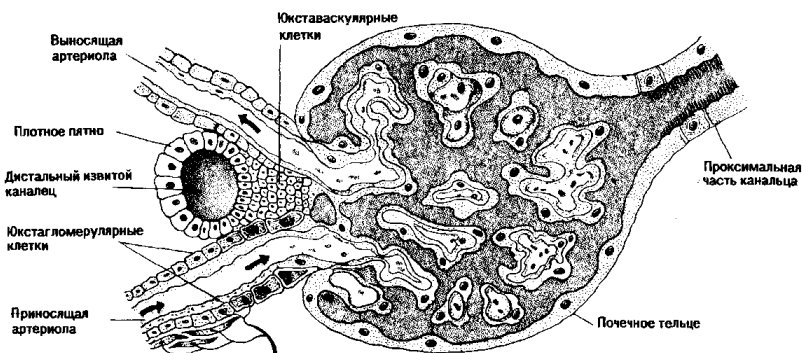


Рис. 111. Юктагломерулярный комплекс

Строение нефрона:

1. Мальпигиев клубочек - содержит около 50 капилляров.
2. Капсула Шумлянско-Боумена - имеет двойную стенку, между которой находится полость, переходящая в полость канальца.
3. Извитой каналец первого порядка (проксимальный).

4. Петля Генле, состоящую из нисходящего и восходящего колена.

5. Извитой каналец второго порядка (дистальный).

6. Собирательная трубочка.

Нефроны расположены в корковом слое, а петля Генле и собирательная трубочка в мозговом. Собирательные трубочки, сливаясь, образуют общие выводные протоки, которые проходят к верхушкам сосочков. Длина извитых канальцев и петли Генле одного нефрона 3-5 см, а длина всех извитых канальцев одной почки человека до 50 км.

Особенности кровообращения в почках.

Почки фильтруют артериальную кровь, поступающую по почечной артерии. Обильное кровоснабжение почек. У человека через почки за 1 минуту проходит 1,2 л крови (1500 - 1700 л крови в сутки).

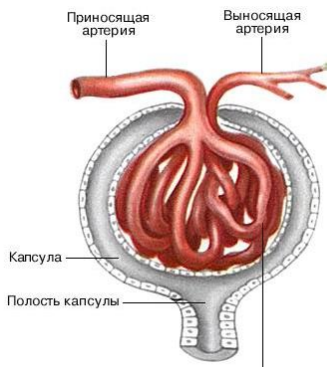


Рис. 112. Мальпигиев клубочек и капсула Шумлянско-Боумена

Приносящая артериола имеет диаметр в 2 раза больший, чем выносящая. Высокое давление крови в капиллярах сосудистого клубочка в приносящей артериоле 90 мм. рт. ст, а в выносящей 20 мм. рт. ст. Двойная капиллярная сеть. Артериола, распадаясь на капилляры, образует клубочек (первичная капиллярная сеть). Капилляры сосудистого клубочка, сливаясь образуют выносящую артериолу, которая распадается на сеть капилляров, оплетающих извитые канальца (вторичная капиллярная сеть).

Моча представляет собой конечный продукт водно-солевого и белкового обмена. Состоит из 96 % воды и 4 % сухого вещества. Плотность мочи 1,02-1,04.

В моче содержится мочеви́на (1,8-2 %), мочева́я кислота (0,05 %), аммиак, азотистые основания, креатинин, обезвреженные в печени продукты гниения белков (индол, скатол, крезол, фенол) и др. Неорганические вещества Na (0,35 %), K (0,15 %), Mg (0,04 %), Ca (0,006 %), Cl (0,35 %), PO₄, SO₄ и др. Количество солей в несколько раз больше, чем в крови (кроме Na). Пигменты урохром и уробилин. Белков и глюкозы нет. При избытке в крови глюкозы и аминокислот они могут экскретироваться с мочой. Количество мочи у лошадей 3-6 (до 10 л), КРС 6-12 (до 25 л), свиней 2-4, собак 0,5-1, овец 0,5-1, кошек 0,1-0,2, кур 0,1-0,15 литров в сутки. У человека образуется 1-1,5 л мочи в сутки. Объем мочевого пузыря 200-300 мл (до 500 мл).

Кислотность (pH) мочи у плотоядных 5,0-6,5, травоядных 7,7-8,7, лошадей 7,2-8,7. Цвет мочи зависит от величины диуреза и экскреции пигментов. Пигменты мочи образуются из билирубина (у человека) в кишечнике, где билирубин превращается в уробилин и урохром, которые частично всасываются в кишечнике и затем выделяются почками.

Гемодиализ (гр. haima кровь + гр. dialysis отделение) – метод очищения крови при острой и хронической почечной недостаточности, с целью удаления из организма токсических продуктов обмена веществ и нормализации водного и электролитного балансов.



Рис. 113. Гемодиализ

Гемодиализ проводят при помощи гемодиализатора (аппарата «искусственная почка»).

Впервые сконструировал аппарат для очищения крови с

полупроницаемой мембраной в 1913 году американский ученый Джон Абель. Гемодиализ продолжается 6 часов. За 1 час из крови удаляется 10-20 г мочевины (за 6 часов 60-120 г).

Мочеобразование.

В процессе мочеобразования различают две фазы: **клубочковую фильтрацию** и **канальцевую реабсорбцию**.

Клубочковая фильтрация происходит в силу разности гидростатического давления в приносящей и выносящей артериоле. Гидростатическому давлению в канальцах клубочка противодействует онкотическое давление белков плазмы крови и гидростатическое давление в капсуле клубочка. При гидростатическом давлении крови 90 мм рт. ст., онкотическом давлении 30 мм рт.ст. и внутрикапсулярном давлении 20 мм рт. ст. величина фильтрационного давления составит 40 мм рт. ст. (90 - 30 - 20 = 40). В эту фазу образуется первичная моча, которая по своему составу сходна с плазмой крови. В первичной моче содержатся не только шлаки, но и необходимые организму вещества, глюкоза, минеральные вещества, аминокислоты, пептиды, витамины и др. Впервые осуществил пункцию капсулы и получил фильтрат в 1924 году американский ученый А. Ричардс.

Из 1 литра крови образуется 100-166 мл фильтрата (Из 6-10 литров крови образуется 1 литр первичной мочи). За сутки у человека образуется до 180 л фильтрата.

Канальцевая реабсорбция происходит в результате деятельности эпителия почечных канальцев и ферментов. Активно реабсорбируется глюкоза, аминокислоты, фосфаты, соли натрия. В извитом канальце первого порядка полностью всасывается глюкоза, аминокислоты, витамины, 80 % электролитов и воды. За сутки у человека реабсорбируется 1 кг соли и 0,5 кг NaHCO_3 .

В нисходящем колене петли Генле происходит реабсорбция воды, а в восходящем натрия.

Из 90 литров первичной мочи, прошедшей по системе извитых канальцев, образуется 1 литр конечной мочи (вторичной, дефинитивной). Конечная моча по собирательным трубочкам поступает в почечные лоханки.

Регуляция мочеобразования. Центр регуляции расположен в промежуточном мозге. Продолговатый мозг, регулируя кровоснабжение почек, оказывает влияние на диурез.

Симпатическая нервная система (страх, боль, гнев) вызывает спазм приносящей артериолы и снижение клубочковой

филътрации.

Парасимпатическая нервная система (блуждающий нерв) усиливает диурез.

Ведущая роль в регуляции деятельности почек принадлежит гуморальной системе. На работу почек оказывают влияние многие гормоны, главными из которых являются **антидиуретический** гормон (АДГ, или вазопрессин) и **альдостерон**.

Антидиуретический гормон, способствует реабсорбции воды в дистальных отделах нефрона, что приводит к уменьшению диуреза. При избытке АДГ может наступить полное прекращение мочеобразования. Уменьшение секреции АДГ вызывает развитие тяжелого заболевания несахарного диабета (несахарного мочеизнурения). При этом заболевании выделяется большое количество светлой мочи с незначительной относительной плотностью (до 25 л в сутки). Механизм действия АДГ заключается в активации фермента аденилатциклазы, который участвует в образовании цАМФ из АТФ. цАМФ активирует цАМФ-зависимые протеинкиназы, которые участвуют в фосфорилировании мембранных белков, что приводит к повышению проницаемости мембраны для воды. Кроме того, АДГ активирует фермент гиалуронидазу, которая деполимеризует гиалуроновую кислоту межклеточного вещества, что обеспечивает пассивный межклеточный транспорт воды по осмотическому градиенту.

Адреналин в больших дозах вызывает сужение как выносящих, так и приносящих артериол, что приводит к уменьшению диуреза вплоть до анурии. В малых дозах суживает просвет выносящих артериол, в результате чего повышается гидростатическое давление, увеличиваются фильтрация и диурез.

Альдостерон увеличивает реабсорбцию ионов натрия и секрецию ионов калия и водорода клетками почечных канальцев.

Уменьшает реабсорбцию кальция и магния в проксимальных отделах канальцев усиливает реабсорбцию Na^+ и увеличивает секрецию (выделение) K^+ и H_2O .

Паратгормон стимулирует реабсорбцию кальция и тормозит реабсорбцию фосфатов, что приводит к повышению концентрации ионов кальция в плазме крови и усилению выведения фосфатов с мочой. Кроме того, этот гормон угнетает реабсорбцию ионов натрия и HCO_3^- в проксимальных канальцах и активирует реабсорбцию магния в восходящем колене петли Генле.

Ренин (лат. ren почка) - протеолитический фермент, вызывающий сужение кровеносных сосудов и стимулирующий секре-

цию альдостерона. Эти два эффекта приводят к росту артериального давления

Ангиотензин вызывает в основном сужение выносящей артериолы и увеличение фильтрации. Разнообразное действие ангиотензина II прямо или косвенно ведет к повышению кровяного давления и уменьшению выведения из организма натрия и воды.

Кальцитонин тормозит реабсорбцию кальция и фосфата.

Инсулин. Недостаток этого гормона приводит к гипергликемии, глюкозурии, увеличению осмотического давления мочи и увеличению диуреза.

Тироксин усиливает обменные процессы, в результате чего в моче возрастает количество осмотически активных веществ, в частности азотистых, что приводит к увеличению диуреза.

Простагландины угнетают реабсорбцию натрия, стимулируют кровоток в мозговом веществе почки, увеличивают диурез.

В большей мере диурез зависит от реабсорбции (т.к. 90 л фильтрата всасывается), а не от фильтрации.

Особенности мочеобразования и мочевыделения у птиц.

Мальпигиев клубочек слабо разветвлен.

Нет извитых канальцев второго порядка, почечных сосочков, лоханки, мочевого пузыря. Мочеточники начинаются в почечных дольках и заканчиваются в клоаке. Клоака (лат. cloaca подземный канал для стока нечистот) - расширенная конечная часть задней кишки у некоторых позвоночных животных, куда впадают протоки мочеполовой системы.

Нефроны расположены как в корковом, так и в мозговом слое.

Низкая плотность мочи.

Моча кислая (pH 5-6).

Конечным продуктом белкового обмена является мочева кислота, которая составляет 85 % всех азот содержащих веществ.

Функции кожи.

Кожа состоит из **эпидермиса, дермы** и подкожно-жировой клетчатки (**гиподермы**).

Выделительная функция кожи обеспечивается деятельностью потовых и сальных желез. Потовые железы расположены на поверхности тела неравномерно. У собак и кошек они расположены только на безволосых участках (ступнях, нос), у птиц они отсутствуют. У крупного рогатого скота на 1 см² расположено 700 -1000 шт. Потовые железы особенно хорошо развиты у лошадей до 1500 см².

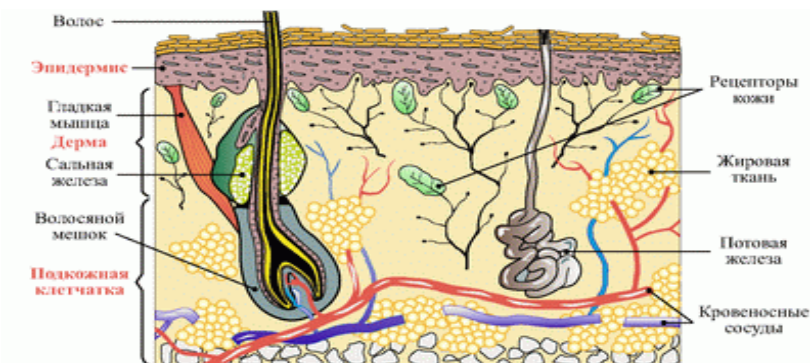


Рис. 114. Строение кожи

Защитная (механическая, биологическая, химическая, термическая). У человека выделяется 29 г кожного сала в сутки.

Терморегуляторная (через кожу теряется 60 - 80 % тепла).

Рецепторная: Тепловые рецепторы - тельца Руффини, холодовые рецепторы - колбы Краузе. Холодовых рецепторов расположено в верхнем слое дермы их больше, чем тепловых в 6 раз. Осязательные (тактильные) – диски Меркеля и тельца Мейснера. Давление – тельца Пачини. Болевые - свободные нервные окончания (ноцирецепторы).

Дыхательная.

Депозит крови, белка, воды, солей.

Синтез витамина D.

Через кожу (при физическом покое) у лошадей выделяется 2,5-3 литров пота, у КРС до 4-5, у человека 0,5-0,7.

Много потовых желез в коже мякоти пальцев рук и ног, лица, ладоней и подошв, подмышечных и паховых складок (в среднем от 140 до 300, а на коже ладони до 1000 на 1 см²).

Пот содержит 5-6 % сухих веществ (в основном минеральных 4-5 %), белка 0,7 %, мочевины 0,15 %, аммиак, молочную кислоту, мочевую кислоту креатинин, ЛЖК и др. Имеет слабощелочную реакцию pH 7,5-8,5, специфический запах обусловленный ароматическими оксикислотами.

Потоотделение, рефлекторный процесс, возникающий вследствие раздражения тепловых рецепторов кожи. Секреторными нервами являются симпатические нервы (усиливают потоотделение).

Центр регуляции потоотделения расположен в продолго-

ватом мозге. На потоотделение оказывает влияние кора больших полушарий (эмоции, стресс, испуг и т. д.).

Адреналин усиливает потоотделение.

У овец пот смешивается с секретом сальных желез, в результате образуется жиропот (напоминающий топленое сало). В шерсти до 20-30 % жиропота который делает шерсть мягкой и прочной. Ланолин (лат. lana шерсть и oleum масло) - шерстяной воск, животный воск, получаемый при промывании шерсти овец. Вязкая буровато-жёлтая масса. Отличается от др. восков высоким содержанием стерина (в частности, холестерина). Хорошо всасывается в кожу и обладает смягчающим действием. Широко применяется в составе различных косметических средств - кремов и т.д. В медицине используется как основа для различных мазей, а также для смягчения кожи (в смеси с равным количеством вазелина).

Тема: Физиология органов размножения

Вопросы: Половая и физиологическая зрелость. Строение органов размножения самцов. Сперматогенез. Состав и свойства спермы. Половые рефлексы самцов. Строение органов размножения самок. Половой цикл и его стадии. Регуляция полового цикла. Осеменение и оплодотворение. Беременность и развитие плода. Особенности кровообращения у плода. Роды и их регуляция. Особенности размножения домашних птиц.

Половая зрелость – время наступления морфологического и функционального формирования полового аппарата, когда самец способен оплодотворить самку, а самка – забеременеть.

Признаки полового созревания

1. Половые органы достигают полного развития.
2. В половых железах созревают половые клетки и вырабатываются половые гормоны.
3. Формируется половое поведение.
4. У самок проявляется цикличность в половых органах.

Сроки полового созревания зависят от вида, породы, пола, условий содержания и кормления, климатических условий.

У ярочки родившейся ранней весной половая зрелость (охота) наступит осенью в возрасте 6-8 месяцев, а у ярочки родившейся поздней весной первая охота наступит осенью следующего года.

У ярочек романовской породы половая зрелость наступает в возрасте 4-4,5 месяцев, а у ярочек каракульской породы только в

в 18 месяцев. У собак половая зрелость наступает в 6-8 месяцев, у волчиц в 2 года. У самок половая зрелость наступает раньше, чем у самцов. Самки карпа созревают на один год позже самцов.

Сроки наступления половой зрелости: Крупный рогатый скот 7,5 месяцев (6-9), овцы, козы 7 месяцев (6-8), свиньи 6 месяцев (5-8), кобылы 16-18 месяцев, кошки 4-5 месяцев, собаки 6-8 месяцев, кролики 3-3,5 месяцев.

Использование самок для воспроизводства сразу после наступления половой зрелости отрицательно сказывается на здоровье, как самих животных, так и на их потомстве. Зародыш, в недостаточно сформированном организме матери, недополучает питательные вещества.

У молодых самок недостаточно развита половая система, молочные железы, кости таза, что приводит к тяжелым родам и различным родовым и послеродовым осложнениям.

Половая зрелость наступает в результате увеличивающейся секреции гонадотропных гормонов гипофиза (ФСГ и ЛГ). В формировании полового созревания большая роль принадлежит гипоталамусу и лимбической системе.

Физиологическая зрелость - это состояние когда организм приобретает формы и пропорции, характерные для взрослых животных данного вида и пола. Физиологическая зрелость наступает значительно позже половой.

Животные достигают массы 70-75 % от стандарта по данной породе или виду. Для телок черно-пестрой породы живая масса должна составлять 350-370 кг.

Физиологическую зрелость определяют по совокупности показателей: возрасту, живой массе, степени развития половых органов.

Сроки наступления физиологической зрелости: Крупный рогатый скот 17 месяцев (16-18), овцы, козы 14 месяцев (12-18), свиньи 10 месяцев (9-11), кобылы 36 месяцев (36-48), собаки 12 месяцев, кошки 10 месяцев, кролики 4,5-6 месяцев.

К органам размножения самцов относятся: семенники с придатками, семяпроводы, мочеполовой канал, придаточные половые железы и совокупительный орган.

Семенники парные половые железы, в которых происходит образование половых клеток и половых гормонов. У быков и баранов масса одного семенника составляет 300-400. Семенники закладываются в эмбриональный период в брюшной полости. В первые месяцы после рождения выходят из брюшной полости

и заключаются в выпячивание брюшной стенки (мошонку). Семенники покрыты серозной оболочкой, внутри разделены радиальными перегородками на камеры, в которых имеются извитые семенные каналца, между которыми находится соединительная ткань с интерстициальными клетками Лейдига, вырабатывающими мужские половые гормоны - андрогены.

Температура в мошонке ниже температуры тела на 3-5°C, что благоприятно сказывается на сперматогенезе. Если семенники не опустились в мошонку (крипторхизм *kryptos* скрытый + *orchis* яичко + *-ismos* пат. состояние), нарушается сперматогенез, и самцы теряют способность к оплодотворению.

В опытах на кроликах, морских свинках, мышах, содержащихся в течение нескольких дней в термостате при температуре 37° С было установлено, что сперматогенез прекращается.

При одностороннем крипторхизме способность к оплодотворению может сохраняться за счет функции другого семенника. При двухстороннем крипторхизме не происходит сперматогенез. Гормональная функция семенников, у большинства крипторхистов сохраняется, и они могут совершать половой акт.



Рис. 115. Крипторхизм

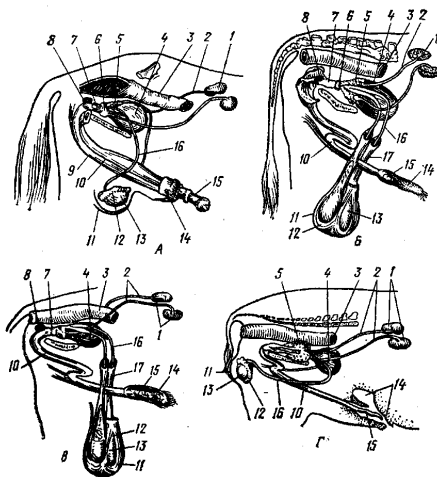


Рис. 116. Половые органы самцов. А - жеребца; Б - быка; В - барана; Г – хряка

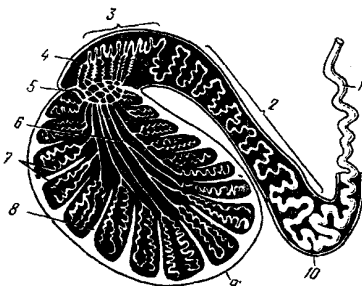


Рис. 117. Схема строения семенника и придатка. 1 - спермиопровод; 2 - тело придатка; 3 - головка придатка; 4 - отводящие канальца; 5-сеть семенника; 6-прямые канальцы; 7 - извитые канальцы; 8 - соединительнотканые перегородки; 9 - семенник; 10 - хвост придатка

Извитые семенные канальца представляют собой трубочки микроскопически малого размера (диаметром 150-250 мкм и длиной 30-70 см) покрытые соединительно-тканной оболочкой. На базальной мембране расположены мелкие клетки, находя-

щиеся на различных стадиях деления сперматогонии и крупные клетки пирамидной формы, клетки Сертоли. Клетки Сертоли выполняют трофическую, опорную и защитную функции. Обеспечивают гемотестикулярный барьер и переваривание (фагоцитоз) дегенерирующих половых клеток.

Клетки Сертоли вырабатывают андрогенсвязывающий белок, который связывается с тестостероном. Благодаря этому поддерживается высокая концентрация тестостерона в участке, где идет сперматогенез.

Между клетками Сертоли расположены сперматиды.

Придаток семенника состоит из головки, тела и хвоста. Канал придатка представляет собой сильно извитую трубку длиной у жеребца до 85 метров, у быка до 50, у хряка до 30, у барана до 20, у кобеля 5-6 метров. Просвет придатка в начале очень узкий 0,1-0,2 мм, а в конце шире 1-2 мм. Внутри канал выстлан цилиндрическим эпителием, выделяющим секрет слабокислой реакции (рН 5,8-6,6).

Семявыносящие пути (семенной канатик) состоит из семяпровода, кровеносных и лимфатических сосудов, и окружен соединительно-тканной оболочкой.

Семяпровод (продолжение канала придатка) находится в семенном канатике, который через паховые кольца проходит в брюшную область и впадает в мочеполовой канал. Перед впадением в мочеполовой канал, семяпровод образует **ампулу**, которая служит местом накопления сперматозоидов в период полового возбуждения. Хорошо развиты ампулы у быка, барана и козла.

Придаточные половые железы: пузырьковидная, предстательная, луковичная (куперовы) и уретральные.

Пузырьковидная железа парная (хорошо развита у быков, хряков, баранов, козлов) вырабатывает жидкий секрет, содержащий большое количество фруктозы и лимонной кислоты. У жеребцов вырабатывает густой, тягучий секрет. У кобеля эти железы отсутствуют.

Предстательная железа непарная вырабатывает жидкий секрет, содержащий много минеральных веществ и веществ, препятствующих агглютинации сперматозоидов. Хорошо развита у жеребцов и хряков, кобелей. У быков и баранов она развита слабо.

Луковичная железа (куперовы) парная, расположена на луковице мочеиспускательного канала. Хорошо развита у жеребцов и хряков. У кобелей отсутствует. У быка, барана, козла выделяют жидкий секрет. У хряка выделяют густой секрет, за

счет которого образуется пробка, препятствующая вытеканию спермы из половых органов самки.

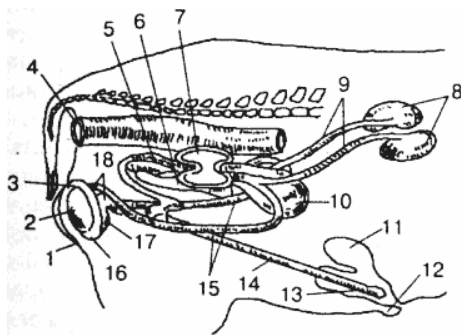


Рис.118. Органы размножения хряка: 1 - мошонка; 2 - семенник; 3 - хвост придатка; 4 - прямая кишка; 5 - луковичные (куперовы) железы; 6 - предстательная железа; 7 -пузырьковидные железы; 8 - почки; 9 - мочеточники; 10 - мочевого пузыря; 11 - дивертикул препуция; 12 - препуций; 13,14 - половой член; 15 - семяпровод; 16 - головка придатка; 17- тело придатка семенника; 18 - начало семяпровода

Уретральные железы - многочисленные, расположенные в тазовой части мочеполового канала. Выделяют жидкий, серозный секрет, который способствует промыванию мочеполового канала

Придаточные половые железы вырабатывают секрет, поступающий в тазовую часть мочеполового канала в момент эякуляции. Секрет придаточных половых желез способствует:

1. Промыванию и подготовке мочеполового канала к прохождению сперматозоидов.
2. Увеличению объема эякулята (сперма, выделенная при одном спаривании).
3. Повышению двигательной активности сперматозоидов.
4. Проталкиванию сперматозоидов к вершине рогов матки.
5. Способствует антиперистальтическим сокращениям гладкой мускулатуры матки (благодаря наличию простагландинов и андрогенов).

Совокупительный орган (половой член) имеет корень, тело и головку.

Состоит из двух пещеристых (кавернозных) тел, представляющих собой видоизмененные кровеносные сосуды и мочепо-

лового канала.

Преупий – кожная складка, скрывающая конец пениса.

Сперматогенез происходит в извитых канальцах семенников. У половозрелых самцов этот процесс происходит непрерывно, в течение всего репродуктивного периода, но неравномерно. Сперматогенез длится у быков 54 дня, жеребцов 40-42, баранов 49, хряков 34 дня.

Сперматогенез идет в 4 стадии:

1. Размножение.
2. Рост.
3. Созревание.
4. Формирование.

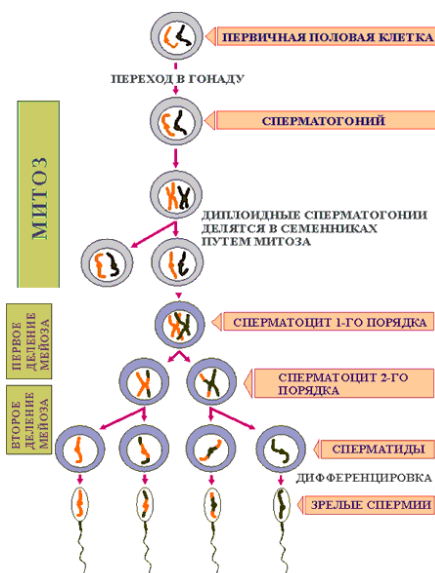


Рис. 119. Схема сперматогенеза

Стадия размножения: В период размножения **сперматогонии** многократно делятся **митозом** и увеличиваются в числе. Часть клеток переходит в стадию роста.

Стадия роста: Сперматогонии растут и увеличиваются в размере. Гомологичные хромосомы располагаются парами, конъюгируют, вступают в кроссинговер. В результате образуются крупные клетки – сперматоциты - I.

Стадия созревания: Стадия созревания состоит из двух последовательных делений. Сперматоцит - I порядка делится, путем мейоза образуя два сперматоцита - II порядка, каждый из которых получает по одной удвоенной хромосоме (набор хромосом гаплоидный). Сперматоцит - II порядка делится (не вступая в интерфазу) и образуется два сперматиды, которые получают по одной хроматиде. Сперматиды - представляют собой круглые клетки, содержащие много цитоплазмы.

Стадия формирования: Стадия формирования происходит в плазматических отростках клеток Сертоли. В результате чего сперматиды превращаются в сперматозоиды. В этот период изменяется форма сперматиды, формируется акросома, головка, шейка, осевая нить и хвост.

Из одной сперматогонии у быка образуется 16 сперматозоидов. Сперматозоиды находятся внутри извитых канальцев в студнеобразном веществе сертолиевого синцития.

Сформировавшиеся сперматозоиды выделяют фермент - гиалуронидазу, который разжижает студенистое вещество, и сперматозоиды в слабощелочной среде извитых канальцев становятся подвижными. Они продвигаются в прямые канальца, сеть семенника и далее в придаток семенника.

Продвижение сперматозоидов через канал придатка происходит благодаря сокращению мускулатуры его стенок. Через придаток семенника сперматозоиды проходят за 6-8 дней. В придатке семенника спермии дозревают, покрываются липопротеидной оболочкой, приобретают отрицательный электрический заряд, препятствующий агглютинации сперматозоидов.

В хвосте придатка сперматозоиды находятся в состоянии анабиоза и могут сохранять свою оплодотворяющую способность в течение 1-2 месяцев. Этому способствует кислая среда, большое количество кровеносных и лимфатических сосудов, обеспечивающих питание и отток продуктов обмена и более низкая температура, способствующая снижению обмена веществ у сперматозоидов.

Состав спермы.

Сперма состоит из сперматозоидов и жидкой части плазмы (секрет придатка семенника и придаточных половых желез). Содержит 90-98 % воды и 2-10 % сухих веществ.

Сперматозоиды содержат 25 % сухого вещества и 75 % воды. Большая часть сухого вещества (85 %) составляют белки. В небольшом количестве содержатся липиды (13,2 %), мине-

ральные вещества (1,8 %), углеводы и др.

Таблица 7 - Количественные показатели спермы

Животные	Объем эякулята, мл	Концентрация, млрд./мл
Быки	4-5 (до 15)	1,0-1,5
Бараны	1-2 (до 3,5)	2-4
Жеребцы	30-120 (до 600)	0,1-0,25
Хряки	150-300 (до 1000)	0,1-0,2

Содержание белков в сперме различных животных неодинаково: у быков 5-6 , баранов 10, жеребцов 1-2,5 и хряков 3,8 %.

Реакция плазмы спермы (рН) у быка и барана 6,7-7,0, у хряка и жеребца 7,2-7,6.

Сперматозоид состоит из головки, шейки, тела и хвоста. Длина сперматозоидов у с.-х. животных 60-70 мкм (0,06-0,07 мм) диаметр головки 3-4 мкм. В головке сосредоточена наследственная информация, шейка, тело и хвост служат двигательным аппаратом.

В передней части головки сперматозоида расположена акросома (гр. *акрон* вершина и *сома* тело) - тельце, содержащее фермент гиалуронидазу, растворяющий яйцевую оболочку. Гиалуронидаза осуществляет деполимеризацию гиалуроновой кислоты (мукополисахарид - основной субстрат соединительной ткани) и таким образом повышает проницаемость тканей за счёт снижения вязкости.

Сперматозоиды приобретают способность к проникновению через яйцевую оболочку в яйцеклетку (капацитация лат. *capacitas* способность) в половых путях самки под влиянием секретов, вырабатываемых стенками яйцеводов и матки, а также фолликулярной жидкости и клеток яйценосного бугорка яйцеклетки. Для капацитации сперматозоидов требуется от 2 до 8 часов. Предполагают, что сущность физиологических изменений при капацитации заключается в удалении с поверхности сперматозоидов веществ, блокирующих осуществление акросомной реакции, что способствует выделению из акросомы ферментов, растворяющих яйцевую оболочку.

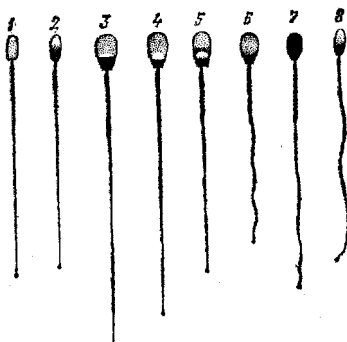


Рис. 120. Сперматозоиды домашних животных: 1 жеребца; 2 осла; 3 быка; 4 барана; 5 козла; 6 хряка; 7 кобеля; 8 кота



Рис. 121. Строение сперматозоида

Под действием гиалуронидазы происходит растворение лучистого венца яйцеклетки (состоящего из фолликулярных клеток) и проникновение сперматозоида в яйцеклетку. Только один сперматозоид проникает через прозрачную зону яйцеклетки. При проникновении сперматозоида в яйцеклетку шейка ломается и в яйцеклетке остается одна головка.

Половые рефлексы самцов это комплекс условных и безусловных рефлексов, возникающих при раздражении соответствующих рефлексогенных зон. Проявление этих рефлексов обусловлено гормональным статусом организма. К половым рефлексам самцов относятся: 1. Эрекция. 2. Обнимание. 3. Совокупление. 4. Эякуляция.

Половые рефлексы самцов проявляются в результате внешних восприятий самки посредством различных анализаторов (слуховые, зрительные, обонятельные, тактильные) и внутренних факторов (концентрации тестостерона). Кора больших

полушарий на основании полученной информации через подкорковые половые центры (гипоталамус) передает импульсы к центрам, расположенным в спинном мозге на уровне крестцового и поясничного отделов, осуществляющим половые рефлексы (эрекцию и эякуляцию).

Рефлекс эрекции заключается в наполнении кровью пещеристого тела полового члена самца и приобретении им упругости, что обеспечивает введения его во влагалище.

Обнимательный рефлекс заключается в обхватывании самки с боков передними конечностями.

Совокупительный рефлекс состоит из одного или нескольких толкательных движений производителя, способствующих раздражению полового члена и обуславливающих эякуляцию.

Рефлекс эякуляции (семяизвержения) сопровождается выделением спермы. Эякуляция происходит в результате сокращения мышц семявыносящих канальцев придатков семенника, спермиопроводов, придаточных половых желез и мочевого канала. Сокращение мышц вызывающих эякуляцию происходит под действием парасимпатических нервов. Окситоцин усиливает сокращения.

У животных с влагалищным осеменением (крупный и мелкий рогатый скот, олени, кролики) коитус короткий, эякуляция синхронная, сперма попадает на шейку. У животных с маточным осеменением (свиньи, лошади, собаки, лисицы) коитус значительно длительнее, эякуляция протекает асинхронно, сперма изливается в матку.

Время одной садки у хряка длится 7-15 (до 20) мин, жеребца 1-3 минуты, у быка 2-10 секунд, у собак 15-60 минут.

Строение органов размножения самки:

К органам размножения самок относятся: яичники, яйцеводы, матка, влагалище и наружные половые органы – клитор, преддверие влагалища и половые губы.

Яичники парные органы овальной формы у коров размером 2-5 см. у кобыл 3-8 см. Состоят из соединительнотканного остова и паренхимы. Паренхима подразделяется на корковую (фолликулярную) и мозговую (сосудистую) зоны. В корковой зоне находятся фолликулы на различных стадиях зрелости и желтые тела. В яичнике коровы до 100000-140000 ооцитов - I порядка. Однако за всю репродуктивную жизнь проходят полное развитие не более 300. Остальные фолликулы дегенерируют и претерпевают атрезию (обратное развитие).

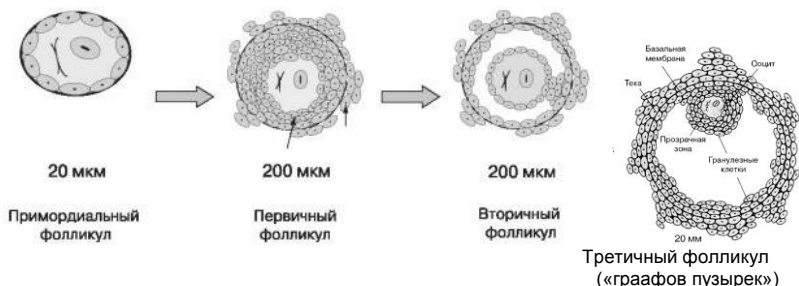


Рис. 122. Рост и развитие фолликула

Размер зрелого фолликула составляет в среднем у коров 1,6 см, свиней - 0,8, овец - 0,6, кобыл - 3-5 см. В мозговой зоне яичника расположены кровеносные сосуды и нервы.

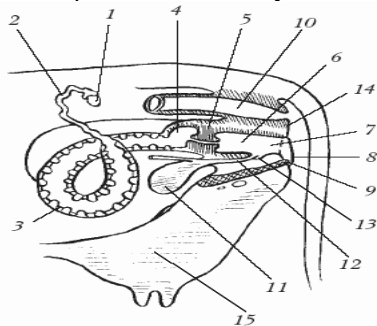


Рис. 123. Схема строения половых органов коровы: 1 – яичник; 2 – яйцевод; 3 – рог матки с карункулами; 4 – тело матки; 5 – шейка матки; 6 – влагалище; 7 – преддверие влагалища; 8 – вульва; 9 – клитор; 10 – прямая кишка; 11 – мочевой пузырь; 12 – мочеиспускательный канал; 13 – дивертикул мочеиспускательного канала; 14 – промежность; 15 – вымя

Яйцеводы тонкие сильно извитые трубочки длиной у коров 25-30 см. В начале яйцевод воронкообразно расширен (воронка яйцевода).

Матка полый мышечный орган состоит из рогов, тела и шейки. У коров длина рогов матки до 25 см, тела 3-6 см, шейки 10-12 см.

Влагалище трубчатый орган, служащий органом совокупления и расположенный между шейкой матки и мочеполовым

отверстием.

Клитор аналог полового члена самцов. Он также построен из кавернозных тел, но развит слабее (у коров длиной до 12 см).

Преддверие влагалища это общий участок мочевых и половых путей, продолжение влагалища.

Половые губы представлены вульвой покрытой морщинистой кожей.

Половой цикл - комплекс морфологических и физиологических изменений происходящих в организме самки в период от одной овуляции до другой. Различают полициклических, моноциклических и сезонно-циклических животных.

Полициклические животные, у которых циклы повторяются многократно в течение года. Они размножаются в течение всего года (КРС, свиньи, лошади).

Сезонно-циклические животные имеют промежуток между циклами (верблюды, овцы, козы, олени).

Моноциклические животные имеют один репродуктивный цикл в году (собак, кошки, звери). У волков брачный сезон один раз в год (январь).

В основе деления полового цикла на стадии (по А.П. Студенцову и В.С. Шипилу) положено половое поведение животных, внешнее проявление половой активности. Это деление удобно с практической точки зрения т.к. позволяет определить оптимальные сроки осеменения.

В половом цикле различают 3 стадии: **возбуждение, торможение и уравнивание**. Причиной всех циклических изменений полового поведения является смена функционального состояния яичников.

Стадия **возбуждения** характеризуется проявлением следующих феноменов: течка, половое возбуждение, охота, созревание фолликулов и овуляция.

Стадия **торможения** начинается сразу после окончания стадии возбуждения. Охота заменяется ярко выраженным отбоем. Самка агрессивна по отношению к самцу (может укусить, ударить, убежать). Отрицательная сексуальная реакция самки на самца. В этот период в организме происходит **инволюция** (обратное развитие морфологических и физиологических процессов) полового аппарата. Животное успокаивается, восстанавливается аппетит, развивается желтое тело.

Стадия **уравнивания (покоя)** характеризуется безразличием по отношению к самцу. Функционирует желтое тело.

С точки зрения физиологии половой цикл условно делится на две стадии: фолликулярную и лютеальную. Это обусловлено тем, что поведение животных связано с функциональными изменениями в яичниках и концентрацией гормонов в крови.

Фолликулярная стадия характеризуется усиленным ростом фолликулов и высокой концентрацией эстрогенов в крови. Занимает 1/3 полового цикла. У коров эта фаза длится 3-4 дня. Эстрогены вызывают прилитие крови к половым органам, течку, половое возбуждение, половую охоту. В конце фолликулярной фазы происходит овуляция.

Лютеальная стадия характеризуется формированием желтого тела и высокой концентрацией прогестерона. Занимает 2/3 полового цикла. Лютеальная фаза наступает сразу после овуляции.

В период интенсивного развития фолликулов появляются следующие взаимосвязанные феномены: **течка, половое возбуждение, охота и овуляция.**

Течка - истечение слизи из половых органов самки. Это комплекс морфофункциональных изменений происходящих в органах размножения самки направленный на продвижение, сохранение, оплодотворение яйцеклетки и развитие зародыша.

Слизь вытекает через открытое отверстие шейки матки. В начале она жидкая и прозрачная, затем становится, более вязкой и мутной и выделяется из половой щели в виде шнура. К концу охоты слизь становится густой и липкой.

Течка наступает под действием эстрогенов, выделяемых растущими фолликулами. В результате происходит пролиферация (разрастание тканей) и гиперемия (переполнение кровью) слизистой оболочки матки, яйцеводов и влагалища. У коров течка длится 1,5-2 суток (реже 3-5 суток).

Половое возбуждение - вызывается действием эстрогенов на нервную систему. Половое возбуждение наступает через 20-36 часов после начала течки. Внешне проявляется беспокойством, Самка проявляет интерес к самцу, вспрыгивает на него или на других самок, но садку самца не допускает. В этот период снижается аппетит, удои, повышается температура тела. Молоко становится солоноватым и при кипячении может свернуться.

Половая охота - положительная реакция самки на самца. Самка стремится приблизиться к самцу и принимает соответствующую позу и допускает садку. Половая охота происходит в результате **доминанты** репродуктивного центра через 10-15 часов после

начала полового возбуждения и длится у коров 10-20 часов.



Рис.124, 125. Стадия возбуждения у коров

Овуляция - вскрытие созревшего фолликула и выход из него яйцеклетки и фолликулярной жидкости. Наступает у коров через 7-15 часов после окончания охоты. Чаще наступает вечером или ночью.

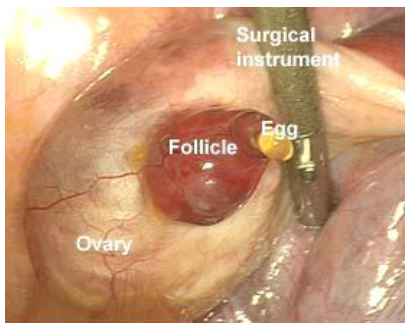


Рис.126. Овуляция

У овец овуляция наступает сразу после окончания охоты (или через 24-36 часов после начала охоты), у свиней через 24-30 часов после начала охоты, у кобыл за 24-36 часов до окончания охоты. У кобыл, овуляцию определяют с помощью ректальной пальпации яичника. У крольчих овуляция наступает рефлекторно через 10-12 ч после полового акта.

Во время овуляции усиливается приток крови к яичнику и воронке яйцевода. Воронка расширяется, приближается к яичнику и охватывает его. Это обеспечивает поступление фоллику-

лярной жидкости и яйцеклетки в яйцевод. Овуляция наступает в результате увеличения давления накапливающейся фолликулярной жидкости и действия протеолитических ферментов. На месте разрыва фолликула образуется желтое тело. Полость заполняется сгустком крови из разорвавшихся сосудов, затем кровяной сгусток прорастает фолликулярным эпителием и соединительной тканью. В клетках образовавшейся сети откладывается желтый пигмент - лютеин. Если беременность наступила, то желтое тело увеличивается в размерах и функционирует на протяжении всей беременности (у всеядных, жвачных и плотоядных). У кобыл начиная с 5-6 месяца беременности, желтое тело рассасывается. Если беременность не наступила, желтое тело, достигнув к 14 дню наибольшего развития, рассасывается (происходит его инволюция).

Регуляция половой цикличности.

Периодичность половых циклов их продолжительность, последовательность стадий регулируются нейрогуморально.

Внешние раздражители через анализаторы и внутренние раздражители посредством гормонов поступают в центр регуляции репродуктивной функции - гипоталамус. В ответ на поступающие сигналы в гипоталамусе вырабатываются нейросекреты (фоллиберин и люлиберин), регулирующие секрецию гонадотропных гормонов гипофиза (ФСГ и ЛГ).

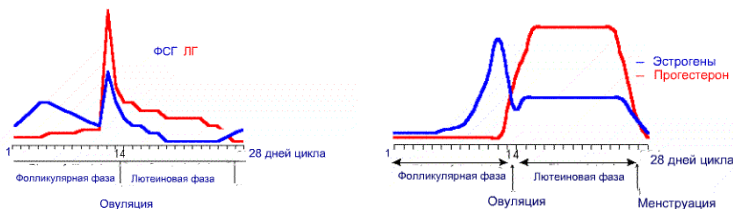


Рис.127. Гормональная деятельность гипофиза и яичников в течение полового цикла (у женщин)

Поступление ФСГ в кровь вызывает рост и развитие фолликулов. Растущие фолликулы выделяют в кровь все большее количество половых гормонов - эстрогенов. Под действием эстрогенов наступает течка, половое возбуждение и охота.

Большое количество эстрогенов в крови тормозит выделение ФСГ и стимулирует выработку ЛГ, вызывающего овуляцию и развитие желтого тела. ЛГ стимулируют выработку в фоллику-

лярной жидкости простагландинов, которые способствуют образованию ферментов растворяющих стенку фолликула.

Растущее желтое тело выделяет все большее количество прогестерона, который тормозит выделение ЛГ. Деятельность желтого тела поддерживается у коров ЛГ и зародышем. Если оплодотворение не произошло, то желтое тело рассасывается, количество прогестерона уменьшается, и в яичниках снова начинают созревать новые фолликулы. Инволюция желтого тела происходит под действием простагландина $F_{2\alpha}$.

Продвижение сперматозоидов через шейку, тело и рога матки происходит в результате сокращения гладкой мускулатуры этих органов. Сокращение продольных и расслабление кольцевых мышц способствует засасыванию спермы. Сокращение мускулатуры матки усиливается под действием простагландинов и окситоцина. При испуге животного грубом и неумелом обращении из надпочечников выделяется адреналин, подавляющий действие окситоцина.



Рис. 128. Искусственное осеменение коровы

Рис. 129. Естественное осеменение коровы

Осеменение - введение спермы в половые пути самки. Различают естественное и искусственное осеменение. Искусственное осеменение осуществляется при помощи механических приспособлений.

Различают животных с влагалищным и маточным типом осеменения.

Влагалищный тип осеменения у крупного и мелкого рогатого скота, сперма попадает при спаривании во влагалище.

Маточный тип осеменения у лошадей, свиней, собак, грызунов, сперма попадает через открытый канал шейки матки в матку.

У коров сперматозоиды могут достигать воронки яйцевода

через 2-4 минуты, а у кобыл в первые секунды.

В матке продолжительность жизни сперматозоидов составляет в среднем 36-48 часов.

Среда влагалища (рН 3,5-4,5) неблагоприятна для выживаемости сперматозоидов, и они быстро погибают (через 4-6 часов), если не проникают вглубь половых путей.

Оплодотворение - процесс слияние мужских и женских половых клеток, приводящий к образованию зиготы. Ооциты -II порядка живут в течение 6-10 часов, после чего, если не произошло оплодотворение, они сморщиваются и погибают. Поэтому проводить спаривание нужно перед овуляцией ближе к ее началу.

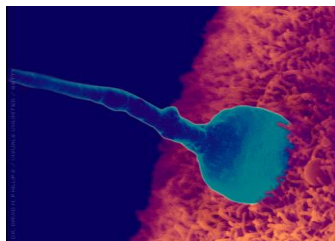
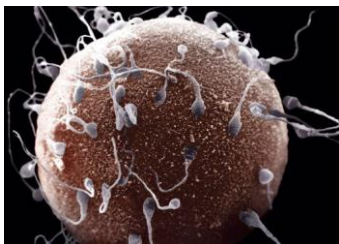


Рис. 130, 131. Процесс оплодотворения

Оплодотворение происходит в ближайшей к яичнику трети яйцевода. Образовавшаяся после оплодотворения зигота постепенно продвигается по направлению к матке и выходит в матку на 4-5 сутки после овуляции.

Продвижение яйцеклетки происходит благодаря колебанию ресничек и сокращению мускулатуры стенок яйцевода. Эпителий слизистой яйцевода имеет реснички, которые благодаря колебанию создают ток жидкости, что способствует продвижению яйцеклетки по яйцеводу. Этому способствует лучистый венец. Размер яйцеклетки около 130-170 мкм.

Яйцеклетка имеет 3 оболочки: 1. **Лучистый венец** (наружный слой гранулезных клеток, окружающих ооцит). 2. **Прозрачную оболочку** (прозрачный секрет гранулезных клеток, расположенный между гранулезными клетками и желточной оболочкой ооцита). 3. **Желточную оболочку** (первичная оболочка).

Прозрачная оболочка выделяет физиологически активные вещества, способствующие утрате акросомной и плазматической мембраны сперматозоида и прикрепления к ней большого количества сперматозоидов.

Сперматозоиды окружают яйцеклетку и внедряются в лучистый венец. Под действием гиалуронидазы происходит распад лучистого венца. Затем сперматозоиды проникают в прозрачную оболочку. Сквозь желточную оболочку проникает лишь один сперматозоид. При этом у него отпадает хвост и набухает головка. После слияния ядра яйцеклетки и головки сперматозоида образуется зигота.

Спаривание следует производить перед овуляцией, как можно ближе к ее началу.

Беременность - состояние самки от оплодотворения до рождения плода. У кобыл, ослиц, верблюдиц - **жеребость**; коров - **стельность**; у овец, коз - **суягность**; у свиней - **супоросность**; у кроликов - **сукрольность**; у кошек, львицы, рыси, зайчихи - **сукотность**; у собак - **щенность**.

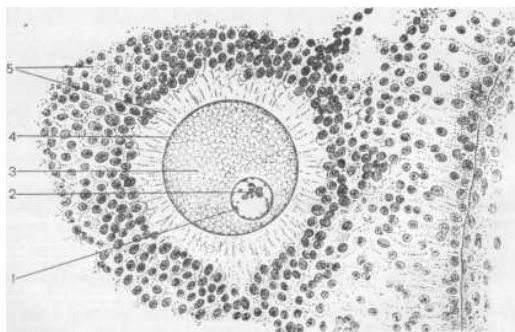


Рис. 132. Яйцеклетка и ее оболочки. 1 - ядро; 2 - ядрышко; 3 - цитоплазма; 4 - первичная (желточная) оболочка; 5 - вторичная оболочка (лучистый венец и прозрачная оболочка)

В первое время зигота питается за счет клеток **трофобласта** прилегающих изнутри к прозрачной оболочке. Затем начинает образовываться желточный пузырь. Одновременно идет образование зародыша и зародышевых оболочек. К моменту имплантации (у коров на 18 день) образуются зародышевые оболочки. До образования плаценты зародыш питается секретом маточных желез.

В эмбриональном развитии различают 3 периода:

1. **Зародышевый** период (или эмбриональный) - формируется бластула, образуется трофобласт, начинают закладываться зародышевые листки, образуются зачатки основных ор-

ганов. У коров этот период длится с 1 до 34 день.

2. **Предплодный** период - закладка всех органов. У коров этот период длится от 35 до 60 дня.

3. **Плодный** (или фетальный) - рост и развитие всех органов, быстрый рост плода с 61 дня до родов.

Плодные оболочки:

1. **Водная оболочка амнион** (гр. amnion) - защитная (внутренняя) зародышевая оболочка вокруг зародыша, содержит околоплодные воды.

2. **Мочевая оболочка аллантоис** (гр. allantoidēs колбасовидный) - зародышевая оболочка, развивающаяся из задней кишки эмбриона. Участвует в газообмене зародыша и выделении жидких отходов.

3. **Сосудистая оболочка хорион** (гр. chorion кожа, оболочка) - наружная оболочка зародыша млекопитающих, образуется из трофобласта и мезенхимы, образующая на своей поверхности ворсинки.

Плацента (гр. places лепешка) - орган, состоящий из измененной слизистой оболочки матки и наружной плодной оболочки (хориона).

В зависимости от размещения ворсинок на поверхности алантохориона различают следующие типы плацент:

1. **Диффузная** (кобылы, свиньи, верблюды, китообразные) ворсинки расположены по всему хориону равномерно.

2. **Котиледонная** (жвачные, олени) на хорионе крупные выпячивания (котиледоны), на которых расположены ворсинки собранные на отдельных участках хориона в виде пятен.

У коров количество котиледонов 80-100 шт. На слизистой матки жвачных соответственно котиледонам развиваются материнские части плаценты - карункулы, имеющие вид грибовидных, сидящих на ножках образований с множеством углублений (криптами). Ворсинки вырастают в крипты карункул.

3. **Кольцевидная** (хищные, тюлени, моржи, слоны) ворсинки расположены в средней части в виде пояса.

4. **Дискоидальная** (приматы, грызуны, насекомоядные, летучие мыши, зайцы) ворсинки расположены в виде диска на одном резко ограниченном участке хориона, имеющем форму диска, остальная поверхность хориона гладкая.

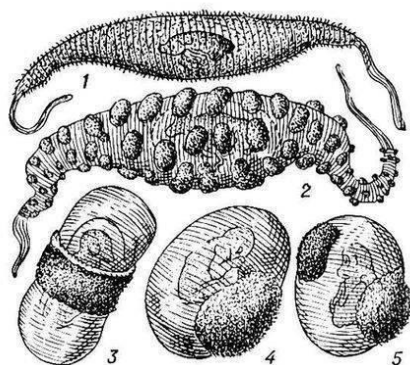


Рис. 133. Типы плацент: 1 - диффузная; 2 - котилодонная; 3 - кольцевидная; 4 - дискоидальная простая; 5 - дискоидальная сложная

В зависимости от степени проникновения ворсинок в слизистую оболочку матки различают:

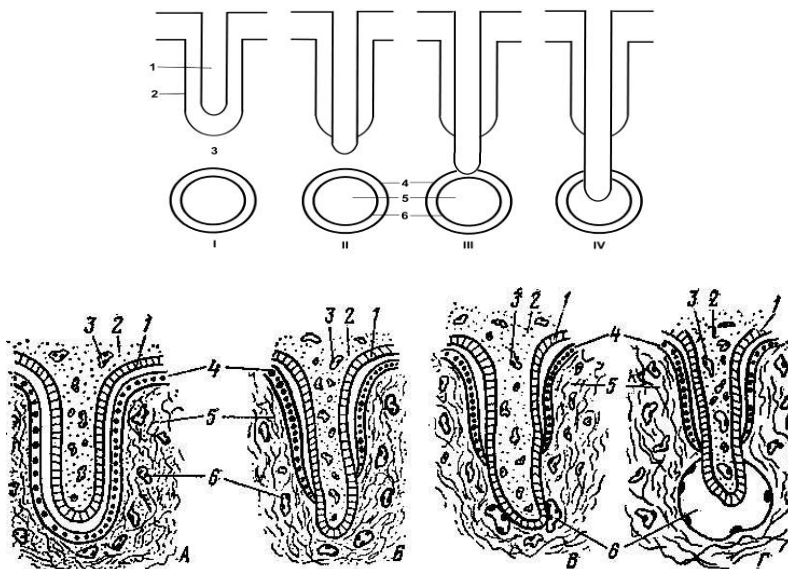


Рис. 134. Типы гистологического строения плацент: А эпителиохориальная; Б десмохориальная; В эндотелиохориальная:

Г гемохориальная; 1 эпителий ворсинки; 2 соединительная ткань и 3 эндотелий кровеносного сосуда ворсинки хориона; 4 эпителий слизистой матки; 5 соединительная ткань; 6 кровеносные сосуды слизистой оболочки матки

1. **Эпителиохориальная** ворсинки лишь прикасаются к слизистой оболочке матки.

2. **Десмохориальная** ворсинки проникают в соединительную ткань слизистой матки.

3. **Эндотелиохориальная** ворсинки прилегают непосредственно к эндотелию кровеносных сосудов слизистой матки.

4. **Гемохориальная** ворсинки проникают через эндотелий сосудов слизистой матки.

Функции плаценты: Плацента формирует гематоцентарный барьер. Обеспечивает постоянство внутренней среды плода.

1. **Газообменная** - кислород из крови матери проникает в кровь плода по законам диффузии, в обратном направлении транспортируется углекислый газ. Для зародыша млекопитающего плацента является своеобразным органом дыхания.

2. **Трофическая** - через плаценту плод получает, питательные и минеральные вещества, витамины, воду.

3. **Выделительная** - удалении метаболитов (мочевины, креатинина и др.) посредством активного и пассивного транспорта. Поддерживает кислотно-щелочное равновесие.

4. **Гормональная** - играет роль эндокринной железы. В ней образуются хорионический гонадотропин, поддерживающий функциональную активность плаценты и стимулирующий выработку прогестерона жёлтым телом, плацентарный лактогенный гормон, играющий важную роль в созревании и развитии молочных желез во время беременности и в их подготовке к лактации, пролактин, отвечающий за лактацию, прогестерон, стимулирующий рост эндометрия и предотвращающий выход новых яйцеклеток, эстрогены. Плацента способна секретировать тестостерон, серотонин, релаксин и другие гормоны.

5. **Защитная** (барьерная). Плацента обеспечивает избирательную проницаемость. Пропускает к плоду антитела матери, тем самым обеспечивая иммунологическую защиту. Часть антител проходят через плаценту, обеспечивая защиту плода. Плацента играет роль в регуляции и развитии иммунной системы матери и плода. В то же время она предупреждает возникнове-

ние иммунного конфликта между организмами матери и ребёнка - иммунные клетки матери, распознав чужеродный объект, могли бы вызвать отторжение плода. Однако плацента не защищает плод от некоторых наркотических веществ, лекарств, алкоголя, никотина и вирусов.

6. **Депонирующая.** В плаценте накапливаются многие необходимые для организма зародыша вещества - минеральные соли, жирорастворимые витамины, витамин С.

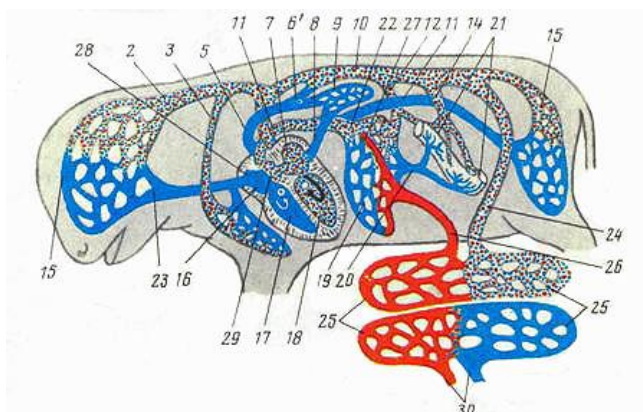


Рис. 135. Кровообращение у плода

От ворсинок хориона артериальная кровь по пупочной вене поступает через пупочное кольцо в брюшную полость плода и делится на две ветви.

Одна ветвь через **аранциев** (G.C. Aranzi, 1530-1589, итал. анатом) проток несет артериальную кровь к печени, а другая в заднюю полую вену, где происходит смешение артериальной и венозной крови.

Из печени смешанная кровь поступает в заднюю полую вену, впадающую в правое предсердие.

Смешанная кровь, притекающая в правое предсердие из задней полой вены, специальной заслонкой направляется через **овальное отверстие** в левое предсердие и далее в левый желудочек, аорту, артерии головы и передней половины тела.

От передней части туловища кровь поступает в переднюю полую вену. Эта кровь попадает в правое предсердие, но направляется в правый желудочек и лёгочный ствол, а отсюда

через **боталлов** (L. Botallo итал. врач 16 в.) проток (в обход ещё не функционирующего лёгочного круга кровообращения) в нисходящую аорту и в артерии нижней половины тела. Таким образом, передняя половина тела плода получает наиболее оксигенированную кровь.

Роды - изгнание плода и плаценты с плодными оболочками из матки.



Рис. 136. Отел у коровы

Непосредственно перед родами половые органы и молочные железы увеличиваются в размерах, набухают. В вымени начинается секреция молозива. Расслабляется связочный аппарат родополовых путей под влиянием релаксина.

В процессе родов выделяют 3 фазы:

1. Раскрытие родовых путей.
2. Выведение плода.
3. Отделение последа.

Факторы, вызывающие роды:

1. Двигательная активность плода вызывает раздражение матки.

2. Изменяется гормональный статус:

Повышается уровень гормонов коры надпочечников и увеличивается количество плацентарных эстрогенов, повышающих чувствительность матки к окситоцину.

3. Уменьшается количество прогестерона (инволюция

желтого тела), что ведет к повышению чувствительности и возбудимости матки к нервным и гуморальным раздражителям.

4. За 2 дня до родов в больших количествах выделяется релаксин и вызывает расслабление связок сочленений подвздошных и крестцовых костей и расширение родового канала.

5. Незадолго до начала родов, плацента и гипофиз плода начинают вырабатывать специфические вещества (в частности простагландины и гормон окситоцин). Все это приводит к возникновению родовых схваток (непроизвольные сокращения матки) и потуг (сокращение мышц брюшного пресса).

Родовые схватки длятся несколько часов, в результате чего происходит раскрытие шейки матки, расширение родовых путей. Плодный пузырь разрывается, и выходят плодные воды. Выведение плода у коров длится от 20 минут до 1-2 часов.



Рис. 137, 138. Послед

Отделением последа (выход плодных оболочек, пуповины) завершается родовой акт. За норму считают, если послед после изгнания плода отделился у коров в течение 6-12 часов, у кобыл 5-30 минут, у овец и коз - 5-6 часов, у свиней в течение 3 часов, кошек, собак 2-3 часа. У человека через 30 минут.

О задержании последа говорят в том случае, если послед не отделяется у коров через 6-10 ч, у кобыл через 35 мин, у овец и коз через 5 ч, у свиней, сук, кошек и крольчих через 2-3 ч после рождения плодов.

Задержка последа чаще бывает у коров.

Роды называются у кобыл, ослиц - **выжеребка**; коров - **отел**; овец, коз, кошек, крольчих, белок, львиц - **окот**; собак, волчиц, лисиц - **щенение**; у свињи - **опорос**.

Особенности размножения птиц:

1. Один левый яичник и один яйцевод. В период яйцекладки яичник достигает 55 г, а в период линьки 5 г.

2. Яичник представляет собой гроздь фолликулов в различных стадиях зрелости (3500-4000 шт.). В цитоплазме зреющих ооцитов много желтка. В фолликуле нет фолликулярной жидкости. В яичнике несушки 5-7 крупных фолликулов. Размеры ооцитов от 0,04 до 4 см. Прикреплены при помощи ножек.

3. Овуляция происходит один раз в сутки.

5. Яйцевод подразделяется на воронку, белковый отдел, перешеек, матку и влагалище. В воронке яйцевода яйцеклетка находится 20-30 минут. Здесь откладывается первый слой белка (40-50%), а остальной в перешейке и матке. В белковом отделе яйцеклетка находится 3 часа. В перешейке яйцеклетка находится 1 час, здесь формируется наружный слой жидкого белка. В матке образуется скорлупа в течение 18-20 часов. Влагалище способствует выталкиванию яйца.

6. У петухов органы совокупления не развиты. При спаривании происходит выпячивание влагалища, и сперма попадает в половые пути самки, минуя клоаку. Продвигаются сперматозоиды к воронке яйцевода в течение 4-5 дней.

7. Сперматозоиды могут сохранять оплодотворяющую способность 10-12 дней. Иногда куры несут оплодотворенные яйца до 3-4 недель.

8. Петухи могут спариваться 25-40 раз в сутки.

9. Продолжительность эмбрионального развития у кур 21, уток 27-28, гусей 28-31, индеек 27-28 дней.

10. Развитие зародыша происходит в крупном яйце, защищенном рядом оболочек.



Рис. 139. Яичник курицы

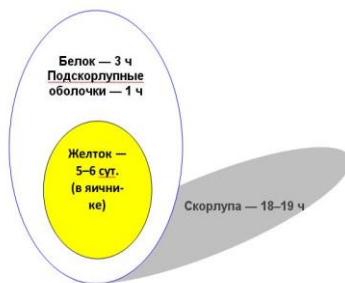


Рис. 140. Формирование яйца

Количество яиц в год 260-270 (рекорд 366 яиц). Кур несушек используют 10-12 месяцев, на второй год яйценоскость 230-

240 яиц. Масса яйца 56-60 г, на втором году более 67 г. Соотношение: Белок 60 %, желток 30 %, скорлупа 10 %. Яйцо без скорлупы 74 % воды, 12 % белка, 12 % жира, 1 % минеральных веществ, 1 % углеводов. В желтке 50 % воды, 16 % белка, 32 % липидов, 1 % углеводов, 1% мин. веществ. Липиды: 40 % насыщенные жирные кислоты, 60 % ненасыщенные жирные кислоты. В яйце 0,3 грамма холестерина. Одно яйцо (60 г.) 420 кДж около 100 ккал.

Формирование яйца 24-28 часов (белка 2-3 часа, подскорлупной оболочки 1-2 часа, скорлупы 16-21 час, надскорлупной оболочки 10 минут).

Тема: Лактация

Вопросы: Понятие о лактации. Репродуктивный цикл у коров. Строение молочной железы. Емкостная система вымени. Рост и развитие молочных желез. Состав молока и молозива. Роль молозива для новорожденных. Молокообразование и его регуляция. Регуляция молокоотдачи. Физиологические основы машинного доения коров.

Лактация (лат. lactis молоко, lactatio молокоотделение) процесс образования, накопления и выведения молока из молочных желез.

Лактогенез - начало секреции молока в заключительный период беременности.

Лактация наступает после родов в результате снижения в крови прогестерона (рассасывание желтого тела и удаление последа) и повышения пролактина. Прогестерон снижает секрецию пролактина гипофизом и блокирует его действие в альвеолярных клетках молочной железы.

Лактопоз - процесс образования молока в ходе установившейся лактации.

Продолжительность лактации (период, в течение которого животные продуцируют молоко) составляет у коров 305, свиней 60, овец 120-150, кобыл 180-210 дней, у верблюдиц 300 дней.

Наибольшая секреция молока отмечается на 2-3 месяце лактации, после чего она снижается. За 1,5-2 месяца до отела доение прекращают, и корова идет в "запуск" (сухостойный период).

Сервис-период (англ. service обслуживание) - период от отела коровы до последующего ее оплодотворения. Оптимальная продолжительность сервис-периода молочных коров составляет 2,0 - 2,5 мес.

При сервис-периоде 21 день продолжительность лактации составит 246 дней, а при 80 днях - 305 дней.

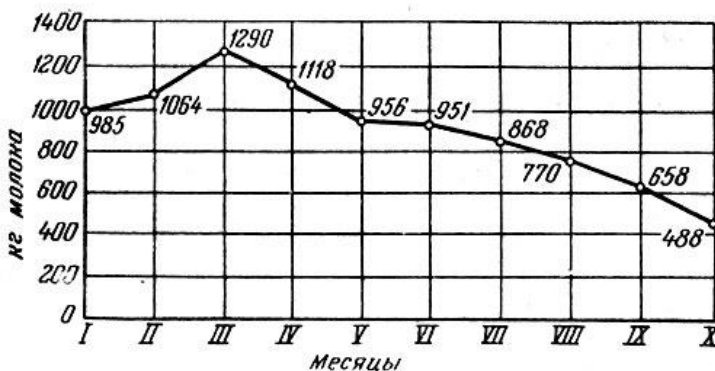


Рис. 141. Лактационная кривая

Запуск это прекращение доения коровы перед отелом. Необходимо для подготовки коровы к отелу, получения здорового приплода и высоких удоев в последующую лактацию Животные с низкой продуктивностью имеют укороченный период лактации и легко самозапускаются. Коров с высокими удоями запускают в зависимости от состояния здоровья, упитанности за 45 - 60 суток до отела. Запуск проводится постепенно: коров с суточным удоем 2-4 кг в течение 2-3 суток, с удоем 6-8 кг – 3-5 суток, с удоем 15-20 кг – 8-12 суток. Для прекращения образования молока в вымени снижают уровень кормления (из рациона исключаются концентраты и сочные корма), ограничивают поение, кратность и время доения. Инволюция молочной железы длится 12-15 дней. При этом значительно уменьшается количество секреторных клеток.

Сухостойный период время от прекращения лактации (запуска) до очередных родов. Сухостойный период необходим для сохранения здоровья и упитанности коровы, получения жизнеспособного приплода и высокой молочной продуктивности в предстоящую лактацию. Средняя продолжительность сухостойного периода нормально упитанных коров 60 суток для ослабленных 70-75 суток.



Рис. 142. Репродуктивный цикл у коров

Показателем воспроизводительной способности является **индекс осеменения** - количество осеменений на одно оплодотворение. Процент оплодотворения 60-70% первично осемененных коров - хороший показатель, более 70 % - отличный. Индекс осеменения меньше 2 - хороший показатель. В первый месяц после отела в охоту приходит 20 % коров, во второй - 50 %, в третий - 20%, а 10 % или вовсе не приходят или приходят позже.

Яловая корова (яловость хозяйственно экономическое понятие) - корова, у которой в течение трех месяцев не было охоты. Причинами яловости у коров является: персистентное желтое тело, киста яичников, медленная инволюция матки, плохое кормление, отсутствие моциона.

Вымя состоит из двух половин. Левая и правая половины отделены друг от друга эластической перегородкой, которая служит связкой поддерживающей вымя. Каждая половина делится поперек на две части (переднюю и заднюю). Задние четверти развиты лучше передних.

Индекс вымени – отношение величины удоя из передних четвертей к общему, выраженное в процентах.

Каждая четверть представляет собой в функциональном отношении независимую единицу.

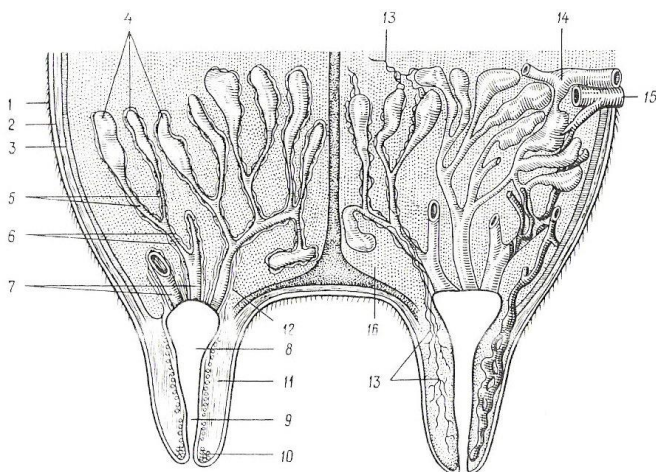


Рис. 143. Схема строения вымени коровы: 1 – кожа; 2 – поверхностная фасция; 3 – глубокая фасция; 4 – молочные альвеолы с альвеолярными протоками; 5 – выводные канальцы; 6 – молочные каналы; 7 – молочные ходы; 8 – молочная цистерна; 9 – сосковый канал; 10 – сфинктер канала; 11 – гладкие мышцы соска; 12 – гладкие мышцы молочных ходов; 13 – нервы; 14 – артерия; 15 – вена; 16 – соединительная ткань

У самок рождающих 1-2 детенышей (КРС, МРС, лошади) развивается 1-2 пары молочных желез расположенных в паховой области. У многоплодных животных развивается 10-16 желез, расположенных попарно по обе стороны белой линии живота (у свиней 5-7 пар).

Каждая четверть состоит из соединительно-тканного остова (стромы), выполняющего функцию каркаса, железистой части паренхимы, системы выводных протоков и некоторого количества жира.

В соединительной ткани проходят многочисленные кровеносные, лимфатические сосуды и нервы.

Основным функциональным элементом железистой ткани является молочная альвеола.

Альвеола представляет собой замкнутый пузырек диаметром 0,1-0,3 мм, выстланный изнутри однослойным секреторным эпителием. Число секреторных клеток в альвеоле составляет 50-90 шт.

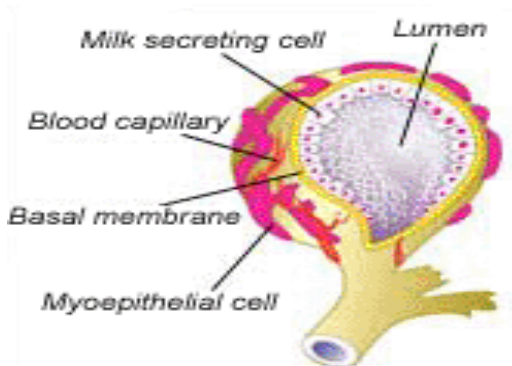


Рис. 144. Альвеола (сильно увеличена и упрощена). Наружная сторона альвеолы покрыта звездчатыми клетками, способными сокращаться

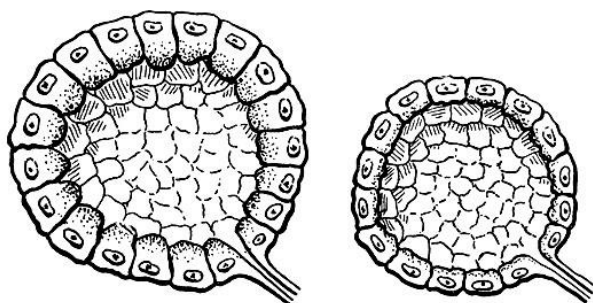


Рис. 145. Альвеолы молочной железы. Слева - секреторные клетки частично заполнены молоком, справа - клетки после выделения молока

Снаружи альвеола покрыта слоем миоэпителиальных (сократительных) клеток, кровеносных и лимфатических капилляров. Каждая альвеола имеет свой проток, выстланный также железистым эпителием.

Несколько альвеол (8-10) собраны в гроздь, а несколько гроздьев объединены в дольки, имеющие общий молочный проток.

Каждая долька содержит 150-200 альвеол и имеет объем около 1-1,5 мм². Несколько долек (15-20) образуют долю, имеющую крупный выводной проток, который впадает в молочную цистерну.

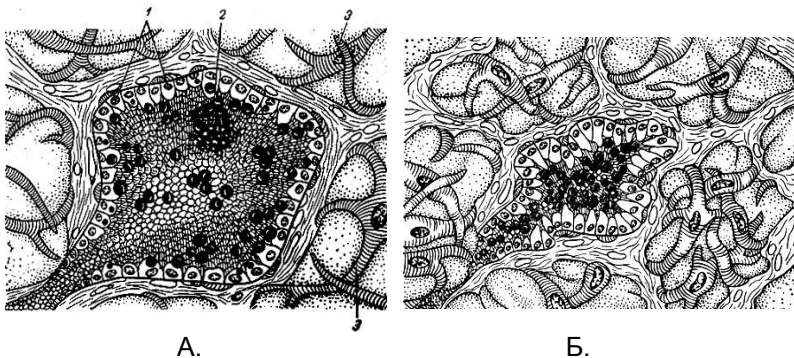


Рис. 146. А. - Альвеола в разрезе: 1 - секреторные клетки; 2 - внутри альвеолы видны гроздь жировых шариков; 3 - звездчатые клетки. Б. - Альвеола в сжатом (под действием окситоцина) состоянии

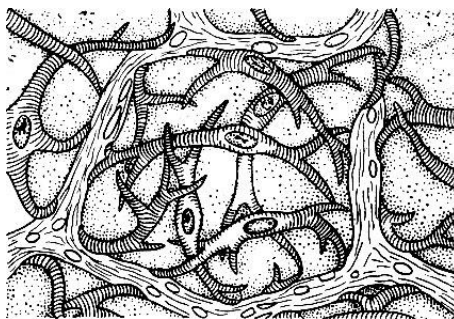


Рис.147. Миоэпителиальные клетки молочной альвеолы

Молочные ходы и цистерна выстланы двухслойным столбчатым (цилиндрическим) эпителием.

Несколько долей (10-20) образуют четверть, заканчивающуюся соском, в котором имеется сосковая цистерна и канал. Вокруг канала расположены запирающие мышцы, образующие сфинктер соска.

Емкостная система вымени – совокупность полостей образованных альвеолами, мелкими протоками, мелкими, средними и крупными молочными ходами, цистерной молочной железы и соска.

Средние и крупные молочные ходы снаружи покрыты слоем гладкой мускулатуры, имеют в устьях сфинктеробразные

утолщения.

Емкостная система, у средней коровы, составляет 8-10 л, у высокопродуктивной 18-25, у рекордистки 30-40 л.

От коровы голштинской породы Эва-Грин-Вью-Май 1326 за 365 дней лактации получено 32735 кг молока с содержанием жира 3,86%. Среднесуточный удой в пик лактации составлял 102 кг.

От коровы Убре Бланка (Белое Вымя) Куба за 365 дней 3-й лактации получили 27674 кг молока жирностью 3,8%. Наивысший среднесуточный удой составлял 110,9 кг.



Рис. 148. Коровы рекордистки

Рис. 149. Корова Эва-Грин-Вью-Май 1326 (США)

Емкостная система заполняется постепенно, вначале альвеолы и молочные протоки, затем средние и крупные молочные ходы и после цистерна. Цистернальный отдел начинается через 5-6 часов после доения. По мере заполнения емкостной системы растет внутривыменное давление. При давлении 35-50 мм рт. ст. (давление в капиллярах) снижается скорость секреции молока. Через 18-20 часов, когда давление достигает 50 мм рт. ст. и более секреция молока полностью прекращается.

Различают **цистернальную, альвеолярную и остаточную** порции молока.

Цистернальная порция молока находится в цистерне и крупных молочных ходах и характеризуется низким содержанием жира. Эту порцию молока можно получить при введении молочного катетера в канал соска. Эта порция молока составляет от 15 до 40 % удоя.

Альвеолярная порция молока находится в альвеолах, в мелких и средних молочных протоках. Эта порция характеризуется высоким содержанием жира. Ее можно получить лишь по-

сле предварительной подготовки (массажа) вымени. Она составляет 60 и более %.

Остаточная порция молока (часть альвеолярной) 7-20 % остается в вымени даже после полноценного доения. Эта порция характеризуется очень высоким содержанием жира. Ее можно получить лишь после введения больших доз окситоцина или питуитрина.

Регуляция роста и развития молочных желез (**маммогенез** лат. mamma сосок, грудь + genesis порождающий) осуществляется как гуморальной, так и нервной системами. На рост и развитие молочных желез оказывает влияние гормоны яичника и гипофиза. Кроме того, на стимуляцию маммогенеза влияют гормоны плаценты, надпочечников, щитовидной и поджелудочной желез.

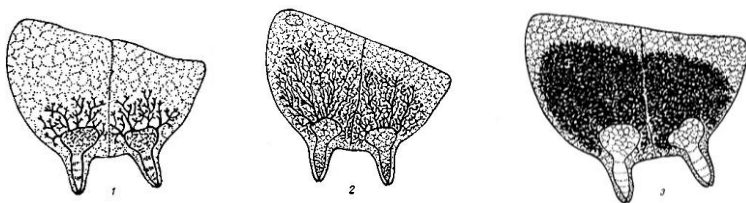


Рис. 150. Схема развития молочной железы у телок: 1 - рост протоков после наступления половой зрелости; 2 - развитие протоков и альвеол в начале стельности; 3 - сформированные железы перед отелом

У новорожденной телочки молочные железы состоят из зачатков системы протоков и цистерны соска. На месте будущей паренхимы находится жировая ткань. До момента полового созревания железа находится в состоянии относительного покоя. Нет железистой ткани.

При **наступлении половой зрелости** под влиянием эстрогенов начинается стадия активного роста молочной железы, главным образом протоковой и молокособорной системы. Железистая ткань (паренхима) представлена островками, локализованными вблизи протоков.

После наступления первой **беременности** под влиянием прогестерона, плацентарных гормонов начинает активно расти железистая ткань. В первую половину стельности завершается развитие системы протоков. Начиная с 5-7 месяца стельности,

формируются железистая паренхима, а к 6-8 месяцу - миоэпителиальные клетки.

За 2-3 месяца до родов начинает вырабатываться секрет, содержащий жировые шарики. Однако это не истинное молоко (и даже не молозиво). Молозиво образуется на последнем месяце беременности.

После отела молочные железы начинают интенсивно функционировать.

По образному выражению И.П. Павлова: "Молоко естественная пища новорожденных, которую приготовила сама природа".

По биологической ценности молоко превосходит все продукты питания, встречающиеся в природе.

В молоке содержится более 200 различных веществ в том числе, более 60 жирных кислот, все аминокислоты, до 40 минеральных веществ, 17 витаминов, много ферментов (лактаза, липаза, амилаза, фосфатаза, каталаза, пероксидаза и др.), гормоны (окситоцин, пролактин, тироксин, фолликулин, адреналин, инсулин), антибактериальные вещества, обладающих бактерицидными свойствами, пигменты и др.

Казеин и лактоза, в других природных продуктах не встречаются.

Таблица 8 - Состав молока и молозива коров, %

Показатели	Молоко	Молозиво
Сухое вещество	12,5	25
Жир	3,8	5,4
Белок	3,3	15
Молочный сахар	4,7	3,3
Минеральные вещества	0,7	1,2
Калорийность, ккал /л	660	1252

Плотность молока зависит от плотности его компонентов и изменяется от 1015 до 1033 кг/м³.

Женское молоко содержит 12 % сухих веществ, 3,5-3,9 % жира, 1-1,5 % белка (в том числе казеина 0,4 %), 6-7 % лактозы. Содержание незаменимых жирных кислот (ненасыщенных) больше чем в коровьем молоке в 2 раза. В начале лактации сывороточные альбумины составляют более 90 %, а казеина менее 10 %, а в середине это соотношение составляет 60 к 40. Казеин формирует сгусток, который трудно переваривается, поэтому грудным детям нельзя коровье и козье молоко. Ближе по

составу к женскому молоку кобылье и ослиное.

Таблица 9 - Состав молока у различных животных и человека, %

Вид	Сухое вещество	Жир	Белок	Углеводы	Минер. вещества
Корова	12,5	3,7	3,2	4,6	
Коза	13,1	4,1	3,6	4,6	0,85
Овца	17,9	6,7	5,8	4,6	0,82
Олень	35,3	22,5	10,3	2,5	
Буйвол	17,8	7,5	4,5	5,0	
Верблюд	14,7	5,3	3,6	5,1	
Лошадь	10,4	1,4	1,8	6,5	0,3
Зебу	15,3	5,2	4,2	5,1	
Свинья	19,3	8,6	5,0	4,8	0,9
Кролик	26,4	12,2	10,4	1,8	2,0
Собака	20,4	8,3	7,1	3,7	1,3
Дельфин	49	44	4	1	
Кит (синий)	55	42	12	1	
Белый медведь	41,1	31	10,2	0,49	
Человек	12,3	4,4	1,03	6,9	0,2

Наибольшая жирность молока у северных и водных млекопитающих (олень 18,7 %, белый медведь 30 %, кит 40 %, тюлень 53 %).

Белки молока находятся в коллоидном состоянии и представлены казеиногеном 2,7 % (4 фракции: α , β , γ , κ) и сывороточными белками лактоальбумином 0,5 %, (3 фракции) и лактоглобулином 0,1 % (2 фракции эвглобулин и псевдоглобулин). В молоке коров 82 % всех белков составляет казеиноген, 12 % альбумины, 6 % глобулины.

Казеин - фосфопротеид, на его долю приходится 80 % белков молока. В молоке он соединен с Ca^{++} , образуя казеиново-кальциевый комплекс.

У парнокопытных (коровы, козы) молоко **казеиновое** (более 75 %), а непарнокопытных (кобыла, ослица) - **альбуминовое** (50-65 %).

В белках молока благоприятное соотношение лизина, метионина и триптофана. Много серосодержащих аминокислот (метионин, цистин).

Небелковые азотсодержащие соединения представлены мочевиной, молочной кислотой, пуриновыми основаниями, креатином и др.

Жир молока представляет собой смесь глицеридов и

находится в виде мельчайших шариков (0,5 до 10 мкм в среднем 3-4 мкм) в 1 мл до 3 млрд.

Каждый шарик имеет оболочку, которая предохраняет его от слипания. В отличие от других жиров в жирах молока много низкомолекулярных короткоцепочных жирных кислот (C₄ - C₁₄) масляной, капроновой, каприловой и каприновой. Их содержание в течение года колеблется от 7,4 до 9,5%.

Таблица 10 - Состав молочного жира

Жирные кислоты	Количество углеродных атомов	Содержание в молочном жире, %
Пальмитиновая	C ₁₆	23,8
Стеариновая	C ₁₈	13,2
Миристиновая	C ₁₄	8,9
Каприновая	C ₁₀	3,0
Лауриновая	C ₁₂	2,9

Молочный сахар (4,7 %) - лактоза состоит из глюкозы и галактозы (обычный сахар слаще лактозы в 5 раз).

Минеральные вещества (0,6-0,8 %) более 50 элементов в основном Ca, P, K, Na, Cl, S, Mg, Fe, Cu, Zn, Mo, Mn и др. Они находятся в молоке в виде солей или металлоорганических соединений. Причем преобладает Ca (115-130 мг %), P (95-105 мг %) и Mg 13 мг %, K 135-170 мг%, Na 30-77 мг%.

В виде свободного или ионизированного кальция 11 %, фосфатов и цитратов кальция около 66 %, связанного с казеином около 23 %.

Молозиво - секрет молочных желез первых 5-7 дней лактации. Молозиво имеет желтовато-коричневый цвет, обусловленный высоким содержанием каротина, солоноватый вкус и вязкую консистенцию.

В молозиве много альбуминов и глобулинов, которые усваиваются новорожденными лучше, чем казеин. Особенно много иммуноглобулинов (около 11 %) способствующих становлению пассивного иммунитета (70 % иммуноглобулинов от общего количества белка в молозиве первого дня). Основным иммуноглобулином молозива является Ig G.

Молозиво содержит ингибитор трипсина, который предо-

храняет иммуноглобулины молозива от расщепления в кишечнике. Иммуноглобулины молозива способны всасываться в кровь в нативном (лат. *nativus* врожденный, природный) состоянии.

В молозиве содержится много солей Mg, которые оказывают послабляющее действие, способствующее освобождению организма новорожденного от первородного кала (мекония).

Лактопоз - процесс образования молока в ходе установившейся лактации. Для поддержания установившейся лактации наряду с пролактином, необходимы следующие лактогенные гормоны: соматотропин, АКТГ, гормоны надпочечников, ТТГ, гормоны щитовидной железы, инсулин.

Удаление надпочечников ведет к прекращению секреции молока, а удаление щитовидной к уменьшению секреции.

В образовании молока участвует не только молочная железа, это функция всего организма. В нем участвуют системы пищеварения, кровообращения, дыхания, эндокринная, нервная и др.

Для синтеза 1 литра молока необходимо чтобы через кровеносную систему вымени прошло более 500 литров крови. При удое 4000 кг молока в год молочная железа синтезирует до 500 кг сухих веществ, из них 132 кг белков, 152 кг жиров, 188 кг сахара и 28 кг различных солей.

По сравнению с плазмой крови в молоке содержится в 90 раз больше сахара, в 26 раз жира, в 14 раз кальция. Однако белка меньше в 2 раза, натрия в 7 раз.

Такие вещества как, казеин, лактоглобулин, лактоальбумин, лактоза вообще не обнаруживаются в плазме крови.

Сущность процесса молокообразования заключается в поглощении из крови клетками железистого эпителия предшественников, а затем синтез из них компонентов молока.

Белки молока синтезируются из свободных аминокислот и белков плазмы крови. Часть заменимых аминокислот синтезируется в молочной железе, при этом углеродный скелет формируется за счет глюкозы, уксусной и оксималяной кислоты. Из плазмы в молоко поступают сывороточный альбумин и иммуноглобулин.

Жиры молока синтезируются из глицерина и свободных жирных кислот крови. Некоторые высшие жирные кислоты (олеиновая, пальмитиновая и стеариновая), поступают с кровью, а большая часть жирных кислот (75 %) в основном короткоцепочные (C₄-C₁₄), синтезируется в молочной железе из **ацетата** (уксусной кислоты), молочной, пировиноградной и пропионовой

кислоты.

Молочный сахар синтезируется из глюкозы крови и глюкозы синтезируемой в молочной железе из предшественников (ацетата, пропионата и глицерина).

Минеральные вещества и витамины поступают из плазмы крови.

Основной тип секреции - мерокриновый (гр. meros часть, доля + krio выделяю) – выделение секрета без нарушения клеточной оболочки и цитоплазмы (т.е. секрет постепенно просачивается через мембрану при этом клетка остается неповрежденной) и **леммокриновый** (гр. lemna оболочка) – секреция, при которой капли секрета уносят частицы плазматической мембраны. По этому типу происходит секреция жира молока.

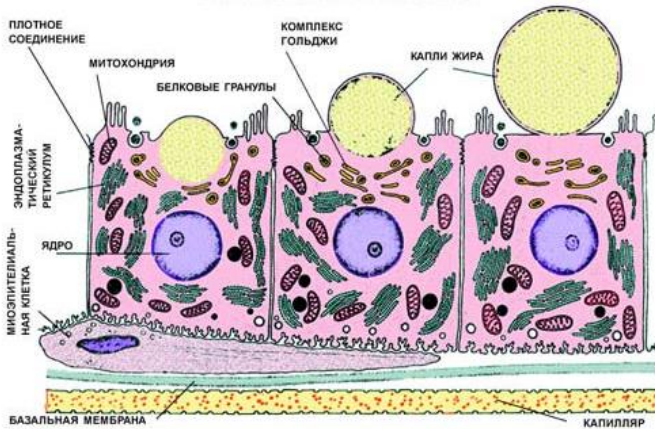


Рис. 151. Синтез и секреция молока

В молозивный период секреция происходит по **апокриновому** (гр. apo- приставка, образует, научные термины с общим значением удаления + krio отделяю) участка клетки в секрет (апикальная часть клетки выбрасывается в просвет альвеолы).

В стадии involуции, тип секреции **голокриновый** (гр. holos весь + krio выделяю, отделяю) при котором происходит преобразование всей клетки в секрет молока (её отторжения вместе с секретом от эпителия).

Молокоотдача сложный рефлекторный акт, включающий нервные и гуморальные звенья.

При раздражении рецепторов молочной железы нервные

импульсы поступают по чувствительным нервным волокнам в спинной мозг на уровне поясничного и крестцового отделов. По проводящим путям спинного мозга импульсы поступают в гипоталамус и достигают коры больших полушарий, где осуществляется их анализ.

Процесс выведения молока можно условно разделить на две фазы: рефлекторную и нейрогуморальную.

Рефлекторная фаза происходит при достижении импульсов мотонейронов (эфферентных нейронов) поясничного и крестцового отделов спинного мозга. В результате этого происходит снижение тонуса гладкой мускулатуры сосудов, протоков цистерны, сфинктера соска и через 2-3 секунды начинает выделяться цистернальная порция молока.



Рис. 152. Машинное доение коров

Нейрогуморальная фаза происходит после достижения импульсов гипоталамуса. От гипоталамуса идут эфферентные пути в заднюю долю гипофиза (нейрогипофиз). В результате этого из нейрогипофиза поступает в кровь гормон окситоцин, который достигает молочной железы через 30-40 секунд и вызывает сокращение миоэпителиальных клеток альвеол и мелких выводных протоков. В результате происходит выделение альвеолярной порции молока.

Максимальное количество окситоцина в крови наблюдается через 1 минуту после начала подготовки вымени (в первую минуту доения), после чего его концентрация снижается. Окситоцин очень быстро разрушается тканевыми ферментами и через 5-6 минут концентрация его в крови такая же, как и перед доением. В период интенсивного действия окситоцина давление в молочной железе возрастает на 10-25 мм рт.ст.

При грубом обращении с животными, стрессах наступает торможение рефлекса молокоотдачи. Снижается секреция и выделение окситоцина и выделяется адреналин, который вызывает сужение кровеносных сосудов молочной железы, спазм протоков, снижается чувствительность миоэпителия к действию окситоцина.

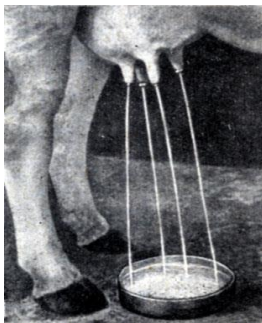


Рис. 153. Выведение цистернальной порции молока с помощью молочных катетеров

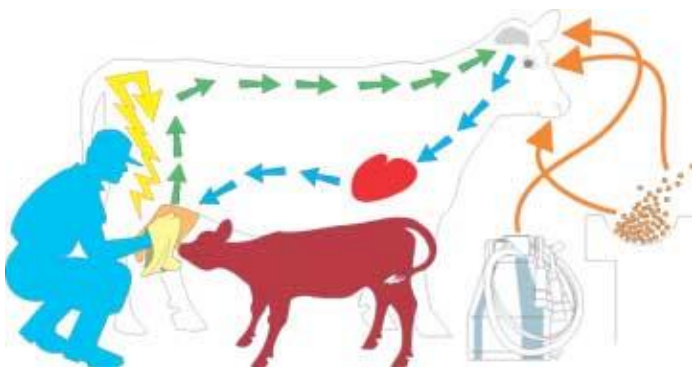


Рис. 154. Схема рефлекса молокоотдачи

Физиологические основы машинного доения

1. Соблюдать распорядок дня.
2. Доение начинать не раньше чем через 30 минут после возвращения коров с пастбища или прогулки.
3. Доить коров всегда в определенной последовательно-

сти (вначале слабодойных, а в конце тугодойных).

4. Соблюдение санитарных норм. Обмывание водой с температурой 40- 45° С.

5. При подходе корове ее необходимо вначале окликнуть.

6. Глубоко и тщательно массировать вымя, чтобы воздействовать не только на экстерорецепторы, но и на интерорецепторы, расположенные глубоко в тканях вымени. Время преддольной подготовки вымени (обмывание, массаж, обтирание) должно быть равно латентному периоду (40-60 с), не более 1 минуты. Отсутствие массажа ведет к потере 10 % молока.

7. Сдаивание первых струек молока в специальную кружку.

8. Доеение начинать после припуска молока (Время между началом подготовки вымени и доением должно быть не более 1 минуты).

9. В конце доения производить машинный додой.

10. Снимать доильные стаканы после отключения вакуума.

11. Доеение не должно превышать 5-7 минут.

Кратность доения определяют с учетом удоя, экономических факторов, механизации доения. Трехкратное доение более эффективно, чем двукратное т.к. более частая стимуляция молочной железы вызывает большее выделение окситоцина и гормонов, стимулирующих молокообразование.

При удое 10 кг/сутки переход на 3-х кратное доение способствует увеличению удоя на 3-5 %, при удое 15-20 - на 7-8%, при удое 20-30 на 20-30%.

Новотельных и высокопродуктивных коров доят 3-4 раза.

Тема: Высшая нервная деятельность

Вопросы: Понятие о ВНД. Методы изучения функций коры больших полушарий. Учение И.П. Павлова об условных рефлексах. Отличие и сходство условных и безусловных рефлексов. Образование условных рефлексов. Торможение условных рефлексов. Динамический стереотип и его значение. Учение И.П. Павлова о типах ВНД. Сон и гипноз. Сигнальные системы действительности. Память. Структурно-функциональные основы памяти.

Высшая нервная деятельность (ВНД) это деятельность отделов мозга, определяющих поведение. Важнейшая роль в этом принадлежит коре больших полушарий и подкорковым образованиям.

Деятельность коры больших полушарий имеет условно рефлекторный характер. Впервые представления о рефлекторном характере высших отделов головного мозга высказал И.М. Сеченов в своей книге «Рефлексы головного мозга»: - «Все акты сознательной и бессознательной жизни есть рефлексы».

ВНД - обеспечивает тонкое, совершенное приспособление организма к окружающей среде, позволяет организму адекватно реагировать на различные изменения внешней среды. Низшая нервная деятельность (ННД) в отличие от ВНД обеспечивает поддержание гомеостаза и регуляцию основных физиологических функций.

Основоположником учения о ВНД явился И.П. Павлов. В основе учения о ВНД лежат три материалистических принципа.

1. Причинности, т.е. для осуществления любого рефлекса должен быть раздражитель.

2. Структурности, т.е. все нервные процессы, происходят в определенных структурах ЦНС.

3. Обобщать, объединять возбуждения, возникающие в различных участках коры благодаря взаимодействию между нейронами (т.е. образованию временных связей). Анализ и синтез, как основной принцип работы коры больших полушарий. (Анализ – способность выделять отдельные элементы, синтез – способность обобщать, объединять возбуждения, возникающие в различных участках коры благодаря взаимодействию между нейронами, т.е. образованию временных связей).

Основными методами изучения функций коры больших полушарий являются:

1. Метод наблюдения за поведением животного в различных условиях.

2. Метод раздражения коры (электрическими или химическими веществами).

3. Метод удаления коры или отдельных ее зон.

4. Запись биотоков коры.

5. Метод условных рефлексов.

6. Кибернетический метод (использование математических методов анализа).

Отличие и сходство условных и безусловных рефлексов

Условные и безусловные рефлексы имеют единую материальную основу - рефлекторную дугу. В поведенческих актах условные и безусловные рефлексы взаимосвязаны и различия между ними носят относительный характер. У взрослых живот-

ных безусловных рефлексов (в чистом виде) практически нет.

Условными раздражителями могут быть различные внешние и внутренние раздражители. Например, звук, свет, запах, вкус, состояние внутренних органов, изменение химического состава крови и т.д.

Безусловные рефлексы:

1. Врожденные, наследственно передающиеся.
2. Видовые, свойственные всем представителям данного вида.
3. Стойкие, стереотипные, мало изменчивые.
4. Имеют готовую к моменту рождения рефлекторную дугу. Однако не все безусловные рефлексы проявляются сразу с момента рождения (половые, двигательные и др.).
5. Центры расположены в низших отделах ЦНС (подкорковые ядра, ствол мозга, спинной мозг).
6. Вызываются специфическими для данной деятельности раздражителями (корм, боль, свет и т.д.).

Условные рефлексы:

1. Приобретенные в процессе жизни (на основе жизненного опыта).
2. Индивидуальные, свойственные отдельному индивидууму вида.
3. Не стойкие, должны постоянно подкрепляться. Могут тормозиться и исчезать.
4. Не имеют к моменту рождения готовой рефлекторной дуги. Дуга формируется в течение жизни с образованием временных связей между отдельными центрами коры больших полушарий.
5. Центры расположены в коре больших полушарий.
6. Не требуют специфического для данной деятельности раздражителя (могут вызываться индифферентным сигналом).
7. Вырабатываются на базе безусловных рефлексов.

Образование условных рефлексов.

Условные рефлексы это рефлексы, вырабатываемые в течение индивидуальной жизни благодаря образованию временных нервных связей в коре больших полушарий. Замыкание временной связи осуществляется вставочными нейронами коры больших полушарий.

Условные рефлексы возникают лишь при определенных условиях:

1. Многократном сочетании (от 3 до 10 раз) условного (индифферентного) раздражителя с безусловным (специфическим)

раздражителем.

2. Действие условного (индифферентного) раздражителя должно предшествовать (опережать на 5-30 секунд) безусловному (специфическому). При одновременном сочетании или запаздывании условного сигнала условный рефлекс не вырабатывается или он очень слабый и быстро угасает.

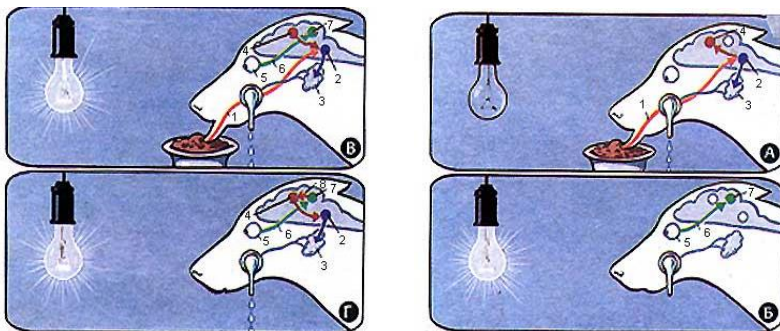


Рис. 155. Образование условного рефлекса. А. Безусловный пищевой рефлекс. Б. Условный рефлекс отсутствует. В. Формирование временной связи. Г. Условный пищевой рефлекс

3. Отсутствие посторонних раздражителей, которые могут вызвать ориентировочные рефлексы.

4. Достаточная возбудимость животного к действию безусловного подкрепляющего раздражителя.

5. Условный раздражитель должен быть слабее безусловного.

6. Бодрствующее состояние животного. Отсутствие активной деятельности.

На выработку условных рефлексов влияет как сила условного, так и сила безусловного раздражителя. На слабые раздражители условные рефлексы вырабатываются медленнее.

Механизм образования временной связи до конца не изучен. Предполагают:

1. Морфологическую связь – рост отростков нервных клеток, образование аксональных холмиков, установление новых межклеточных связей.

2. Функциональную связь – повышение проводимости существующих синапсов (конвергенция - схождение раздражителей на одних и тех же нейронах).

3. Химическую - синтез ДНК и РНК и белков, фиксаторов временной связи.

Стадии образования условных рефлексов:

1. Ориентировочная реакция.
2. Обобщение раздражений.
3. Концентрация и упорядочение процессов возбуждения в соответствующих участках коры.

Значение условных рефлексов

1. Условные рефлексы обеспечивают совершенное тонкое приспособление организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды.

2. Условные рефлексы способствуют передач информации от одного поколения к другому (подражательные рефлексы).

3. Обеспечивают экономный расход энергии нервных клеток и мышц.

4. Условные рефлексы способствуют заблаговременно подготовиться к защите и позволяют избежать грозящей опасности (звуки хищника, запах, следы и т.д.).

Деятельность коры головного мозга осуществляется в результате взаимодействия возбуждения и торможения.

Благодаря торможению организм освобождается от ненужных, потерявших сигнальное значение, условных рефлексов, достигается точное и совершенное приспособление к постоянно меняющимся условиям существования.

Различают безусловное и условное торможение.

Безусловное торможение подразделяется на внешнее и запредельное торможение. Безусловное торможение связано с врожденными свойствами нервной системы, т.е. причины его вызывающие находятся вне рефлекторной дуги (страх, боль).

1. **Внешнее торможение** возникает при действии посторонних раздражителей. Если во время или перед началом условного пищевого рефлекса внезапный посторонний раздражитель (звук, запах, освещение и т.д.), то условный рефлекс снижается или полностью исчезает.

Это связано с тем, что новый раздражитель вызывает ориентировочный рефлекс, который тормозит условно рефлекторную реакцию. При многократном повторении ориентировочный рефлекс ослабевает и исчезает.

Торможение могут вызывать раздражения, поступающие из внутренних органов (т.е. посторонние, связанные с деятельностью других нервных центров), так как они вызывают ориенти-

ровочный рефлекс. Например, переполненный мочевой пузырь, воспалительный процесс, боль и т.д.

2. Запредельное торможение возникает при увеличении силы (или продолжительности действия) условного раздражителя сверх предела, когда сила раздражителя превышает предел работоспособности нервных клеток коры.

Данный вид торможения имеет защитное значение. Встречается чаще у старых животных и животных слабого типа. Это торможение является разновидностью внешнего торможения.

Условное торможение (или внутреннее). Это наиболее важный вид торможения, имеющий адаптивное значение. Причины его вызывающие лежат в рефлекторной дуге. В отличие от безусловного торможения, которое возникает сразу при первом действии раздражителя (боль, звук), условное торможение вырабатывается со временем. Это специфическое корковое торможение

Различают 4 вида условного торможения:

1. Угасание – возникает в том случае, если условный раздражитель не подкрепляется безусловным раздражением. Слабые, недавно выработанные условные рефлекс угасают быстро. Угасательное торможение защищает организм от бесполезных адаптаций и высвобождает нервные структуры для того, чтобы обеспечить адекватные реакции животного на изменения во внешней среде.

2. Дифференцировочное - возникает при действии сходных (аналогичных) условных раздражителей. Например, если выработать условный рефлекс на 100 ударов метронома, то сок выделяется и на 60 ударов (схожие раздражители). Если 60 ударов метронома не подкреплять безусловным раздражителем (пищей), то на эту частоту сок в дальнейшем не выделяется, а на 100 выделяется, т.е. животное различает (дифференцирует) различную частоту. Животные могут различать частоту 97-98 ударов в минуту.

3. Условный тормоз – возникает при комбинации отрицательного условного сигнала с положительным, без подкрепления. Если выработать условный слюноотделительный рефлекс на звук метронома, а затем давать два раздражителя (метроном и звонок) и не подкреплять пищей, то в дальнейшем при сочетании метронома и звонка слюноотделительный рефлекс отсутствует (тормозится). Звонок явился условным тормозом. (Звонок и метроном должны действовать одновременно)

4. **Запаздывающее** – возникает при отставании безусловного раздражителя от условного сигнала на 1-3 минуты. Например, если вначале после звонка через 1-5 секунд кормить, то слюна выделяется сразу. А если в дальнейшем кормление начинать через 2-3 минуты, то и слюна выделяется не сразу, а через 1-3 минуты (т.е. запаздывает).

Значение условного торможения

1. Позволяет избежать биологически нецелесообразных реакций на условные раздражители, переставшие подкрепляться безусловным раздражением, а также раздражители близкие (схожие) с условными раздражителями.

2. Обеспечивает более совершенное приспособление к среде обитания.

Динамический стереотип (гр. stereos объёмный + typos образец) – комплекс условных и безусловных рефлексов, образующийся под влиянием повторяющихся воздействий внешней и внутренней среды организма.

В результате многократного сочетания условных раздражителей с безусловными, у животных формируется стойкий стереотип поведения.

На стереотипные раздражения внешней среды вырабатываются стереотипные (следующие в строго определенном порядке) условные и безусловные рефлексы. Выработка стереотипа облегчает деятельность коры как регулирующего органа.

Системная деятельность мозга не является строго постоянной. Динамический стереотип вырабатывается в процессе определенного режима, и нарушение его ведет к срыву нервной системы и снижению продуктивности.

При многократном повторении системы раздражителей последовательная смена состояний фиксируется и объединяется в единую цепь рефлексов. Воспроизведение динамического стереотипа носит автоматический характер.

Тип ВНД - совокупность врожденных и приобретенных свойств нервной системы, определяющих характер взаимодействия организма с внешней средой.

В основу учения о типах ВНД И.П. Павлов положил **силу, уравновешенность и подвижность** нервных процессов.

Сила процессов возбуждения и торможения это способность нейронов коры больших полушарий адекватно реагировать на сильные и сверх сильные раздражители (у животных со слабыми нервными процессами такие раздражители вызывают

запредельное торможение). Сила нервных процессов определяется работоспособностью клеток головного мозга, т.е. их способностью выносить длительную и напряженную работу.

Уравновешенность это соотношение процессов возбуждения и торможения в коре больших полушарий.

Подвижность это скорость, с которой возбуждение сменяется торможением (и наоборот). Т.е. нервные процессы могут быть лабильными или инертными.

Классификация И.П. Павлова совпадает с классификацией древнегреческого врача и мыслителя («отца медицины») Гиппократ.

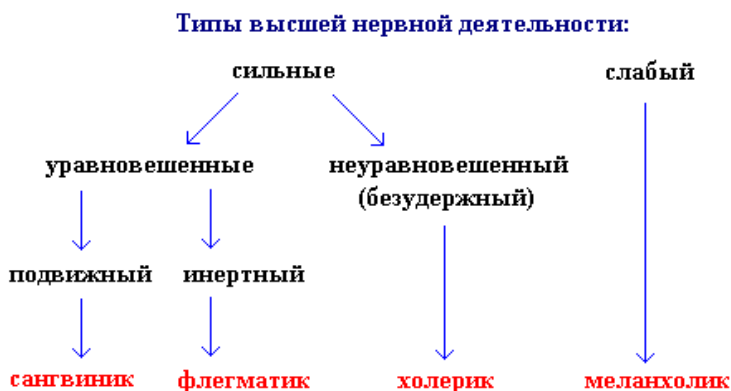


Рис.156. Типы ВНД

Сильный неуравновешенный (холерик гр. chole желчь) – отличается сильным возбуждательным процессом и отстающим по силе тормозным. Процессы возбуждения преобладают над процессами торможения.

Внешне животные с выраженной агрессивной реакцией. Животные смелые, быстро ориентируются в новой среде, условные рефлекссы вырабатываются быстро, а тормозные рефлекссы вырабатываются с трудом.

Сильно возбуждаются, легко доходят до невротического состояния. Т.е. расстраивается аналитическая функция коры головного мозга.

В ситуациях, требующих сильного и длительного напряжения тормозных процессов, происходят срывы. Не могут длительно сохранять внимание и напряжение.

Сильный уравновешенный подвижный (сангвиник лат. sanguis кровь) – наиболее совершенный тип имеет одинаково сильные процессы возбуждения и торможения. Спокойно, быстро без суеты и адекватно реагирует на изменение окружающей обстановки, легко переключаются с одного вида деятельности на другой. Условные рефлексy вырабатываются быстро, прочно удерживаются и легко переделываются. Быстро переходят от крайнего возбужденного состояния к нормальному. Внешне спокойные, любопытные, общительные, деятельные, устойчивы в трудных ситуациях. Желательный тип.

У животных этого типа полнее реализуется генетический потенциал. Они имеют высокую продуктивность. Более рационально используют питательные вещества, лучше приспосабливаются к условиям внешней среды, более устойчивы к стрессовым воздействиям.



Рис. 157. Поведенческая реакция людей разных типов

Сильный уравновешенный инертный (флегматик гр. phlegma слизь) – животные имеют сильные процессы возбуждения и торможения. Процессы возбуждения и торможения сбалансированы, но с плохой подвижностью. Положительные и отрицательные рефлексы вырабатываются медленно, но удерживаются стойко. Медленно переходят с одного нервного процесса на другой. Могут выдерживать действие сильных раздражителей, но им трудно приспосабливаться к быстро меняющимся условиям. Их трудно вывести из равновесия. Животные спокойны, медлительны, отличаются упорством и работоспособностью, устойчивы к стрессовым воздействиям.

Слабый тип (меланхолик гр. melanos темный + chole желчь) – процессы возбуждения и торможения очень слабые. Ориентировочные реакции носят напряженный характер. Легко наступает внешнее торможение. Условные рефлексы вырабатываются с трудом. При большой психической нагрузке наступают срывы ВНД, уязвимы в стрессовых ситуациях. Имеют низкую работоспособность, выносливость, с трудом приспосабливаются к меняющимся условиям окружающей среды. Животные боязливы, не решительны, не пригодны для дрессуры и промышленной эксплуатации.



Рис. 158. Типы ВНД

В чистом виде указанные типы встречаются редко. Чаще встречаются животные со смешанными типами (переходные от одного к другому). Принадлежность тому или иному типу не яв-

ляется постоянным. Он определяется как результат наследственных признаков, так и приобретенных в процессе жизнедеятельности. Это связано с тем, что большие полушария обладают пластичностью. Путем тренировок у собак удается несколько менять тип нервной системы. Переделать темперамент нельзя, но воспитание оказывает влияние на проявление реакций.

Сон - основная физиологическая потребность организма (как прием пищи, дыхание и т.д.). Примерно 1/3 жизни человек проводит во сне. Лишение сна переносится труднее, чем лишение пищи. Щенки погибают от бессонницы на 4-5 суток, а собаки через 10-12 суток. Собаки, лишенные пищи жили 20-25 дней, теряя при этом до 50 % массы тела. В Древнем Китае приговаривали к смертной казни лишением сна.

Сон, это защитная реакция организма, направленная на защиту нервных клеток коры больших полушарий от истощения и способствующая восстановлению их работоспособности. Во время сна большое количество информации, полученной днем, перерабатывается и переводится в долговременную память.

Сон и торможение по И.П. Павлову это один и тот же процесс. Сон это иррадиированное (широко распространенное) торможение коры больших полушарий, высших подкорковых центров, участков промежуточного и среднего мозга.

Во время бодрствования большинство нейронов находится в состоянии возбуждения, а небольшая часть в состоянии торможения (частичный сон).

Активирует деятельность коры и поддерживает ее деятельное состояние ретикулярная формация. При разрушении ретикулярной формации или выключения ее функций некоторыми наркотическими веществами (барбитурат) наступает глубокий сон. При раздражении ретикулярной формации электродами, спящий человек просыпается.

Различают следующие виды сна:

1. Суточный сон - монофазный и полифазный.
2. Сезонный сон (зимняя спячка) - защита организма от неблагоприятных условий.
3. Гипнотический сон.
4. Наркотический сон.
5. Патологический сон при опухолях мозга, нарушении кровоснабжения мозга.

Летаргический сон (глубокое торможение) наступает при истощении нервной системы, после тяжелых переживаний

(мнимая смерть), чаще происходит у истериков.

Сомнамбулизм (лунатизм) - возбуждение двигательных центров коры во время сна (чаще отмечается у детей). Вскрикивание, хождение во время сна.

Во время сна снижается основной обмен (на 15-20%), ЧСС, кровяное давление, частота дыхания, возбудимость органов чувств тонус мышц (у сидящего спящего человека свисает голова, опускаются руки).

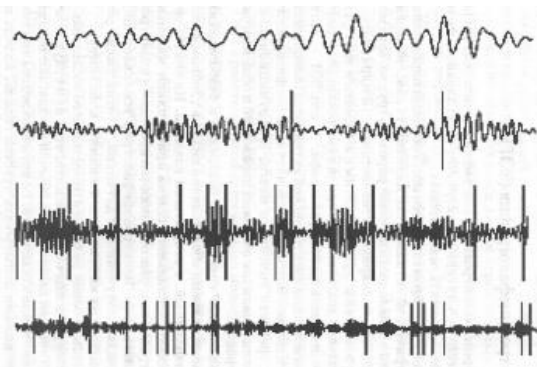


Рис.159. Ритмы ЭЭГ. 1. Дельта волны. 2.Тета волны. 3. Альфа волны. 4. Бета волны

Отдельные центры коры сохраняют возбудимость даже во время глубокого сна. И.П. Павлов назвал такие пункты «сторожевыми», т.к. они позволяют, при воздействии жизненно важных раздражителей своевременно и быстро пробуждаться (плач ребенка и мать просыпается).

Русский физиолог В.Я. Данилевский в 1876 году впервые применил метод гальванометрических исследований электрической активности коры большого мозга у собак и доказал, что эта активность связана с деятельностью мозга.

Начало электроэнцефалографическим исследованиям положил В. В. Правдич-Неминский, опубликовав в 1913 году первую электроэнцефалограмму, записанную с мозга собаки. В своих исследованиях он использовал струнный гальванометр. Ввел термин электроцееребограмма.

Первая запись ЭЭГ человека получена австрийским психиатром Гансом Бергером в 1928 году. Он предложил запись биотоков мозга называть «электроэнцефалограмма».

Электроэнцефалография (ЭЭГ) (электро- + гр. encephala-

los головной мозг + гр. graphō пишу) – запись электрической активности мозга, отводимой с поверхности кожи головы.

Было установлено, что во время бодрствования в энцефалограмме преобладают быстрые высокочастотные бета (β) волны, а во время сна преобладают медленные волны α , θ , δ , что свидетельствует о торможении.

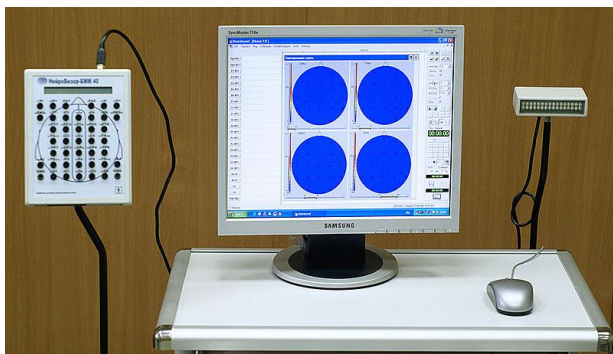


Рис. 160. Электроэнцефалограф «Нейровизор-БММ 40»

Бетта (β) волны частота 13-35 Гц до 100 Гц и амплитуда 30 мкВ отмечаются в лобных и теменных долях.

Альфа (α) 10-13 Гц и амплитудой 50 мкВ волны отмечаются у лежащего человека, с закрытыми глазами. Возникают в затылочной области (у слепых эти волны отсутствуют).

Тета (θ) 4-7 Гц и амплитудой 100 -150 мкВ волны отмечаются в состоянии легкой дремоты и начальной стадии сна. Отмечаются при недостатке кислорода.

Дельта (δ) 1-4 Гц и низкоамплитудные 20-30 мкВ и высокоамплитудные 250-300 мкВ отмечаются во время глубокого сна и в состоянии наркоза и при коме.

Различают 2 фазы сна:

1. **Медленный** (ортодоксальный гр. orthodoksos правильный, последовательный) наступает сразу после засыпания - характеризуется преобладанием медленных волн (δ волны). Продолжительность медленного сна 1-1,5 часа. За ночь 4-5 фаз медленного сна (преобладают тета и дельта волны). Дыхание и пульс становятся реже. Люди, разбуженные в фазу сна, сообщают о менее эмоциональных, более реалистических снах, протекающих в форме размышления.

2. Быстрый (парадоксальный) глубокий - характеризуется появлением быстрых, низко вольтовых волн - сонные веретена с частотой 12-15 Гц, (как при бодрствовании). Сон при этом более глубокий. Эта фаза короткая (10-15 минут). К утру ее продолжительность достигает 25-30 минут. Продолжительность парадоксальной фазы сна за ночь составляет 1,5-2 часа. Примерно 20 % всего времени сна приходится на эту фазу. Увеличение продолжительности быстрого сна к утру важно для активации функций организма к моменту пробуждения. Во время этой фазы возникают галлюцинации, сновидения, на лице появляются гримасы (сокращение мимических мышц), отмечаются подергивание рук и ног, движение глазных яблок (в связи со сновидениями), учащенное поверхностное дыхание, учащение пульса и увеличение кровяного давления. Усиливаются вегетативные процессы. Ритм волн как при бодрствовании. Люди, разбуженные в фазу быстрого сна, рассказывают о ярких и фантастических сновидениях.

В опытах на людях при прерывании сна во время парадоксальной фазы днем отмечалась крайняя раздражительность и усталость. При прерывании сна в ортодоксальной фазе люди чувствовали себя днем бодрыми и хорошо выспавшимися.

По выражению И.М. Сеченов: - «Сновидения - это небывалая комбинация бывалых впечатлений». У слепорожденных сновидения не зрительные, а слуховые, осязательные, звуковые, так, как у них нет следов зрительных впечатлений.

Продолжительность сна у с.-х. животных: Лошадь - 3 ч, корова - 4 ч, свинья - 8 ч.

Сон наступает при:

1. Утомлении нервных клеток.
2. Длительном действии монотонных раздражителей.
3. Уменьшении двигательной активности.
4. Снижении афферентной импульсации, активирующей

РФ и кору БП.

Гипноз - частичный сон, когда торможением охвачены лишь некоторые отдельные части коры, а остальные находятся в бодрствующем сторожевом состоянии, т.е. сохраняются частичный контакт с окружающим миром. Если человека под гипнозом оставить, то это состояние переходит в обычный сон. Во время гипноза заторможенные участки коры находятся в фазе парадоксального сна. Под гипнозом проявляется отсутствие чувствительности к боли и механическим раздражителям.

При развитии гипнотического состояния отмечается:

1. Сокращение мышц разгибателей.

2. Восковая ригидность.
3. Глубокий гипноз (повышенная внушаемость).

Первая сигнальная система - система конкретных, чувственно непосредственных образов действительности, фиксируемых мозгом человека и животных.

Для животного действительность сигнализируется исключительно раздражителями (звук, свет, температура) через рецепторы на кору больших полушарий.

Вторая сигнальная система присуща только человеку – система обобщенного отражения окружающей действительности в виде понятий, содержание которых фиксируется в словах, символах, образах. Слово воспринимается не как звук, а как понятие, т.е. воспринимается его смысловое значение

Вторая сигнальная система формировалась в процессе социального развития, трудовой деятельности и общения людей как средство передачи знаний другим членам сообщества. На базе второй сигнальной системы возникло человеческое сознание. С развитием второй сигнальной системы связано обучение и творческая деятельность. В отличие от животных человек мыслит понятиями, ему присуще абстрактное мышление.

Незнакомый иностранный язык воспринимается так же, как и любой другой звук первой сигнальной системы. После изучения языка он приобретает значение второй сигнальной системы. Следовательно, слово действует не своим звуком, а понятием, которое в него вложено.

Вторая сигнальная система значительно увеличивает приспособительные реакции организма.

Память - способность мозга сохранять образовавшиеся в процессе обучения временные связи. Память является основой обучения и позволяет лучше приспособиться к среде обитания. Память включает **запоминание, хранение, узнавание и воспроизведение информации.**

Различают **мгновенную, кратковременную и долговременную** память.

Мгновенная память заключается в образовании следа действующего стимула в рецепторной структуре. Характеризуется высокой скоростью угасания (хранится не более 100-150 мс, если не подкрепляется). Значение мгновенной памяти заключается в обеспечении анализаторных структур мозга возможностью выделения отдельных признаков и свойств сенсорного сигнала к распознаванию образа.

Кратковременная (оперативная) память - сохранение

временных связей в течение короткого времени (секунды, минуты). В основе кратковременной памяти лежит повторная многократная циркуляция импульсных разрядов по круговым замкнутым цепям нервных клеток. Обусловлена нейронами V-VI слоев лобных и теменных областей коры больших полушарий. Информация, имеющая значение (или сопровождающаяся эмоциями), передается в долговременную память, где может храниться всю жизнь.

Долговременная память обусловлена изменениями синаптической проводимости в результате химических и структурных изменений. Процесс фиксации информации в нервной клетке происходит в результате синтеза белка, и соответствующих изменений в молекуле РНК. Передача кратковременной памяти в долговременную, осуществляется гиппокампом, а ее извлечение связана с височной долей коры больших полушарий. Так, при поражении височных зон коры и структур гиппокампа наступают расстройства памяти, выражающиеся в потере способности запоминать текущие события или события недавнего прошлого при сохранении памяти на прежние, давно случившиеся события.

Амнезия (гр. а + mnesis воспоминание) - полная или частичная утрата памяти при физических или химических воздействиях на мозг или заболеваниях мозга.

Тема: Стресс и адаптация

Вопросы: Сущность стрессовых реакций. Стрессочувствительность и стрессоустойчивость. Стресс и его стадии. Механизм адаптации.

Впервые понятие стресс ввел в 1936 г канадский ученый Г. Селье.

Стресс (англ. stress - напряжение) - совокупность общих стереотипных ответных реакций организма на действие различных, сильных раздражителей - стрессоров.

Стресс - состояние в котором пребывает организм во время мобилизации защитных сил.

Стресс - неспецифическая реакция организма (Общий адаптационный синдром).

На организм животных постоянно воздействуют разнообразные факторы (стрессоры) внешней и внутренней среды.

Это технология производства, способ содержания, плотность, размещение, величина групп, микроклимат, тип и уровень

кормления, полноценность рационов, способ подготовки и раздачи кормов, качество воды, ветеринарно-профилактические и зоотехнические мероприятия (вакцинация, санитарная обработка, взвешивание, кастрация, транспортировка, перегруппировка и др.), болезни, травмы, боль, эмоциональные возбуждения, переутомление, интоксикация.

По своей природе воздействующие на организм факторы подразделяются на: Механические; физические, химические, биологические, психические

По действию на организм различают:

1. Физиологические – такие которые не наносят вреда организму (являются для него обычными, постоянно действующими).
2. Вредные – факторы, которые по силе действия значительно превосходят физиологические и вызывают нарушение в работе органов и систем организма, нанося ему вред.

Стрессочувствительность - уровень реакции организма на воздействие стрессфакторов.

Стрессоустойчивость – способность организма адаптироваться к новым условиям (без заметной потери продуктивности).

Наиболее чувствительными к стрессам являются свиньи и птицы, а наименее крупный рогатый скот.

Высокопродуктивные породы, обладающие более высокой энергией роста более чувствительны к стрессам (т.к. селекция велась только на высокую продуктивность).

Очень чувствительны к стрессам новорожденные и молодые животные, так, как у них не полностью развит адаптационный механизм.

Стрессоустойчивость тесно связана с типом ВНД.

Так животные с сильными, подвижными, уравновешенными нервными процессами обладают наибольшей устойчивостью, наибольшими адаптационными возможностями.

Для оценки стрессоустойчивости используют следующие показатели:

1. Концентрация кортикостероидов в крови (низкое содержание кортикостероидов в крови свидетельствует о большей стрессоустойчивости).
2. Количество креатинфосфокиназы (КФК) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в крови.
3. Лактата (молочной кислоты – образуется в следствие гликогенолиза в мышцах).
4. Глюкозы.
5. Свободных жирных кислот и др.

Для оценки стрессоустойчивости у свиней применяют галактановую пробу. Галактан – газ, наркотического действия, способствующий увеличению метаболической активности. Дают наркоз (масочный 95% O₂ и 5% галактан) 1-3 минуты, после чего наступает стрессовое состояние, о котором судят по напряжению мышц. У стрессоустойчивых оно проходит через 7 минут, а у стрессочувствительных через 45 и даже может привести к гибели.

Стрессочувствительные животные имеют более высокое содержание Hg, L, Hb, показатель гематокрита и меньше содержание сахара в крови.

Мясо стрессочувствительных животных бледное, мягкое, водянистое (PSE - мясо) или темное, плотное, сухое (DFE - мясо). Все это следствие нарушения, скорости послеубойного распада гликогена и образования молочной кислоты в мышцах.

При нормальном течении созревания (через 6–10 часов) мясо должно быть светло-розовое, упругое, сочное. Такое мясо обладает высокой стойкостью при хранении, долго удерживает влагу, имеет приятный запах и мраморный вид.

Различные стрессоры вызывают в организме сходные ответные реакции – общий адаптационный синдром.

Ответная реакция организма (адаптационный синдром) протекает в 3 стадии:

I. Стадия тревоги (мобилизации). Эта стадия кратковременная (6-48 часов). Включает фазу **шока** (англ. shock удар) и **противошока**. Стадия шока кратковременная длится 1-3 минуты. В эту стадию снижается функция различных органов. Снижается уровень глюкозы в крови, отмечается мышечная слабость, падает температура тела. Это связано с недостаточным количеством глюкокортикоидов в крови. Обусловлена неготовностью организма, недостаточностью энергетических ресурсов.

Фаза противошока характеризуется усиленным выделением в кровь катехоламинов (дофамин, норадреналин, адреналина) и глюкокортикоидов (кортикостерон, гидрокортизон). В результате происходит мобилизация энергетических ресурсов организма.

Усиливается распад органических веществ (преобладание катаболических процессов), что приводит к похудению, снижению продуктивности.

Изменяется картина крови.

Отмечается **лимфо** - и **эозинопения**, полиморфноядерный (нейтрофилы) лейкоцитоз (нейтрофилия).

Повышается проницаемость капилляров, отмечается кровоизлияние в слизистой желудочно-кишечного тракта (что впоследствии переходит в язвы). Развитие воспалительно-некротических процессов.

Если стрессор очень сильный, то животное может погибнуть в этой стадии через несколько часов, а если выживает, то начинается следующая фаза.

II. Стадия резистентности (адаптации) длится от нескольких часов до нескольких недель.

Эта стадия развивается при продолжительности действия стрессора и характеризуется значительным увеличением массы надпочечников и усилением их функции. Происходит мобилизация энергетических ресурсов (распад жиров и высвобождение жирных кислот из жировой ткани расщепление гликогена и поступление в кровь глюкозы, усиливается глюконеогенез).

Увеличивается общая и специфическая резистентность (увеличивается образование антител).

Увеличивается количество циркулирующей крови и артериальное давление.

Повышается температура тела. Усиливается теплоотдача, потоотделение. Нормализуется обмен веществ. Выравниваются сдвиги в гомеостазе (нормализуется состав крови, количество лейкоцитов и кортикоидов).

Начинают преобладать анаболические процессы. Восстанавливается масса тела и продуктивность.

Если стрессор прекратил свое действие, организм в эту стадию справляется с неблагоприятными последствиями, и стресс заканчивается на этой стадии.

III. Стадия истощения.

Наступает при продолжающемся действии стрессорных факторов. При этом адаптивная деятельность надпочечников прекращается (иссякает).

В эту стадию отмечается **лимфоцитоз**.

Снизятся запасы гликогена.

Повышется в крови количество аминокислот (что свидетельствует о распаде белков) и молочной кислоты. Увеличивается проницаемость капилляров. В слизистой желудочно-кишечного тракта образуются кровоизлияния и язвы.

Нарушается обмен веществ. Процессы катаболизма преобладают над процессами анаболизма. Интенсивно идет распад белков и жиров. Резко снижается живая масса.

Повышается кровяное давление и температура тела.

Происходят необратимые процессы в обмене веществ, и организм погибает.

Признаки во многом напоминают первоначальную стадию тревоги, но они резко усиливаются и приводят к различным дистрофическим последствиям.

Даже незначительные, непродолжительные стрессы (не приводящие ко второй стадии) вызывают напряжение обменных процессов, повышение затрат энергии на стабилизацию физиологических процессов (поддержание гомеостаза), что приводит к увеличению затрат корма на единицу продукции.

На действие слабых стрессоров организм защищается торможением, т.е. уменьшается его чувствительность и организм перестает на них реагировать.

Стресс действует на организм тренирующе, вызывая соответствующую перестройку функций, активизирует защитные механизмы, т. е. организм становится более устойчивым.

Такая реакция лежит в основе закаливания и используется в профилактических целях.

Клинические признаки стрессовой реакции:

Снижение или потеря аппетита. Испуг, беспокойство, повышенная возбудимость, двигательная активность, мышечная дрожь (тремор), учащенное дыхание и сердцебиение, повышенная температура, снижение продуктивности, возникновение желудочно-кишечных расстройств (диарея).

Биохимические признаки стрессовой реакции:

Повышение уровня **глюкокортикоидов** (гидрокортизона (или кортизол) и кортикостерона) в 2-4 раза. Увеличение адреналина на 50 %.

Увеличивается количество лейкоцитов (полиморфия нейтрофилов) в 1,4-1,5 раз, количество белка, γ -глобулинов, глюкозы. Увеличивается количество молочной, пировиноградной кислоты. Эозино (на 25 %), лимфопения (на 50 %) и монопения (на 37 %), базофилопения. Нейтрофилез (палочкоядерных на 70 %, сегментоядерных на 50 %).

Увеличение соматических клеток в молоке (в десятки раз).

Триада стресса:

1. Увеличение массы надпочечников
2. Инволюция тимуса, селезенки и др. лимфоидных органов.
3. Возникновение в желудке и 12 перстной кишке эрозий и язв.

Антистрессовые препараты:

1. Нейроплегики (гр. *plege* - удар) или нейролептики (гр. *leptos* - легкий) (аминазин, галоперидол); Лекарственные вещества, оказывающие успокаивающее действие на ЦНС и устраняющие страх, тревогу, напряжение.

2. Стресс - протекторы: Транквилизаторы феназепам, нозепам: Седативные средства (лат. *sedatio* успокоение) - лекарственные вещества, оказывающие успокаивающее действие на ЦНС, существенно не изменяя ее нормальных функций (бромиды, валерианка, пустырник);

3. Адаптогены (активирующие нервную и эндокринную систему и повышающие защитные силы организма к стрессу) – дибазол, метилурацил, элеутерококк, женьшень, плоды лимонника и др.

Поведенческая адаптация направлена на сохранение жизни и реализацию некоторых физиологических актов:

1. Питание (нахождение, выбор, потребление пищи, охота, подкарауливание, запас пищи и др.).

2. Защита от неблагоприятных факторов среды (укрытие) и врагов (бегство, прятанье и др.).

3. Улучшение состояния организма (отдых, сон, игра).

В механизме адаптации ведущее значение принадлежит гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системе.

Действие стрессоров воспринимается периферическими рецепторами, от которых поступают импульсы в кору больших полушарий и направляются в гипоталамус (где расположены высшие центры вегетативной и эндокринной системы).

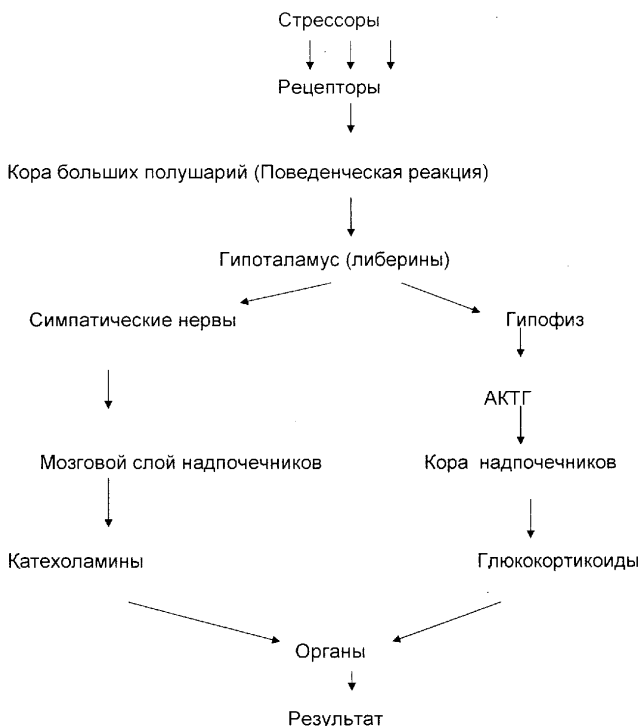
В гипоталамусе в ответ на раздражение выделяется нейросекрет – рилизинг фактор кортиколиберин, который стимулирует синтез и секрецию АКТГ гипофизом. Уже через 2 минуты после действия стрессора концентрация АКТГ резко повышается. Под действием АКТГ в кровь выделяются глюкокортикоиды. Ганс Селье назвал эту реакцию **общим адаптационным синдромом**.

Из гипоталамуса по симпатическим нервным волокнам (чревной нерв) возбуждение передается в мозговое вещество надпочечников в результате происходит синтез и выделение катехоламинов.

Катехоламины, важнейшие регуляторы приспособительных реакций:

1. Дофамин – предшественник норадреналина и медиатор в ЦНС.

2. Норадреналин – предшественник адреналина и медиатор в ЦНС и симпатической нервной системе.
3. Адреналин – основной гормон «гормон тревоги».



Роль **катехоламинов**.

Обеспечивают экстренную перестройку функций направленных на повышение работоспособности организма в чрезвычайных условиях.

1. Стимулируют секрецию АКТГ и служат одним из факторов включающих кору надпочечников (т.е. адреналин стимулирует выделение глюкокортикоидов).

2. Метаболическая т.е. усиление распада гликогена и увеличение снабжения органов и тканей глюкозой (быстро усиливают обменные процессы).

3. Усиливают мобилизацию жира из жирового депо и повышают концентрацию жирных кислот в крови.

4. Стимулируют синтез глюкозы из аминокислот.

5. Расслабляют мускулатуру бронхов и улучшают легочную вентиляцию.

6. Увеличивают частоту сердечных сокращений. Вызывают сужение периферических артериол и перераспределение крови от менее жизненноважных к более жизненноважным органам. В результате давление крови в крупных артериях возрастает.

Могут вызывать сокращение мышц кишечника – “медвежья” болезнь

Роль **глюкокортикоидов**.

Основными глюкокортикоидами являются **кортикостерон** (активность выше соответственно на 30 и 60 %) **гидрокортизон** (кортизол, 17-гидрооксикортикостерон) и **кортизон** – продукт обмена гормонов.

Глюкокортикоиды действуют катаболически – усиливают распад белков в тканях, а образующиеся аминокислоты используются для глюконеогенеза.

Мобилизуют жиры из депо (подкожной клетчатки) и повышают содержание высших жирных кислот в крови.

Увеличивают уровень глюкозы в крови и увеличивают запасы гликогена в печени и мышцах.

В повседневной жизни человек использует не более 35% возможностей организма, а в экстремальных ситуациях до 50-65 %.

Тема: Этология

Вопросы: Понятие об этологии животных. Значение этологии. Методы изучения поведения животных. Формы поведения животных. Врожденные формы поведения. Приобретенные формы поведения. Факторы, влияющие на поведение животных.

Этология (гр. *ethos* характер, нрав, поведение) наука о поведении животных (о взаимоотношении организма со средой обитания).

Под поведением животных понимают двигательную активность, необходимую для связи с внешней средой и адаптации организма.

Этология включает в себя различные науки: биологию, зоологию, генетику, зоопсихологию, физиологию.

Предметом физиологических исследований в этологии является изучение форм поведения животных и механизмов их формирования.

Значение этологии:

1. Разработка экономичных, адекватных животным усло-

вий содержания.

2. Разработка новых технологий способствующих более полной реализации генетически заложенного потенциала.

3. Профилактика болезней, вызываемых нарушением адаптационного поведения животных.

4. Разработка приемов индивидуального воспитания, тренировки и дрессировки.

5. Формирование групп (стада) удобных для эксплуатации в современных условиях животноводства.

6. Позволяет отбирать животных отвечающих технологическим требованиям по темпераменту, стрессоустойчивости.

7. Повышение производительности труда, снижение потерь продукции, сохранение здоровья животных.

С переходом животноводства на промышленную основу изменились условия содержания и кормления животных.

Ранний отъем, частые транспортировки, формирование групп и перегруппировки, ограниченное движение, гиподинамия, проведение массовых ветеринарно-профилактических мероприятий, высокая концентрация животных, искусственное освещение, новые технологические режимы и др.

В связи с чем, возникло ряд зоотехнических и ветеринарных проблем. Применение научных исследований о поведении животных позволит значительно снизить эти негативные (стрессорные) воздействия на организм и повысить продуктивность животных.

Методы изучения этологии животных:

1. Наблюдение за поведением животных в обычных, естественных условиях обитания. Регистрация внешних проявлений поведенческих реакций, хронометраж, кино и фотосъемка.

2. Радиотелеметрический метод. Вживление (или) прикрепление датчиков с целью регистрации их местонахождения, путей миграции, физиологических показателей и т.д. Этот метод позволяет скрыто наблюдать за животными.

3. Метод изучения типов ВНД (т.е. связь поведения с индивидуальными особенностями животных).

4. Метод условных рефлексов для изучения механизмов адаптации животных к внешним условиям.

5. Физиологические и биохимические методы. Для изучения уровня приспособительных реакций применяют электрокардиографию, определяют уровень гормонов надпочечников и основные показатели гомеостаза.

Сложные формы поведения представляют собой совокупность условных и безусловных рефлексов. Все формы поведения включают в себя наследственные (инстинктивные) реакции и приобретенные в результате собственного опыта.

Различают следующие основные формы поведения: пищевое, оборонительное, групповое (социальное), половое, материнское, комфортное, исследовательское, игровое (у молодняка) и раздражительное.

1. **Пищевое** поведение включает в себя выбор и прием корма.

Пищевое поведение проявляется непосредственно после рождения. У новорожденных млекопитающих проявляется безусловный сосательный рефлекс. Детеныши тянутся к вымени и активно сосут молоко. Раздражителем этого рефлекса является теплая поверхность вымени, обоняние, зрение.

Пищевые рефлексы определяют количество и состав поедаемого корма. На пастбище животные избирательно поедают те или иные растения. Применение брикетированных кормов удобно с технологической точки зрения, однако, жвачные съедают их в меньших количествах. При этом сокращается жвачный период. Формирование пищевого поведения происходит в течение всей жизни.

2. **Оборонительное** поведение. Различают активную и пассивную оборонительную реакцию. Пассивная включает настороженность, бегство, прятанье, неподвижность. Активная – нападение, агрессия.

Лошади не хотят заходить в станок, вагон, меняется поза, положение головы, ушей, мышц. Лошади фыркают, ржут. Быки издадут приглушенный рев.

3. **Групповое** (социальное) поведение. Внутри групп у животных устанавливаются определенные взаимоотношения, основанные на законах доминирования.

Любая группа животных представляет собой не просто совокупность отдельных особей, а целостную структуру – сообщество.

В условиях привязного содержания или в малочисленных группах групповое поведение не имеет большого значения. В группе из 20 и более животных вначале происходит знакомство между особями, а затем возникают конфликты и соперничество (за лучшее место у кормушки, поилки, место для отдыха и т.д.). В результате конфликтов выявляются особи более высокого ранга (вожаки, лидеры) и более низкого ранга (подчиненные) т.е.

устанавливается социальная иерархия (система подчинения-доминирования), которая сохраняется достаточно длительное время и в сообществе налаживаются мирные отношения при этом каждое животное занимает свою нишу.

Животное низкого ранга никогда не подойдет к кормушке первым, не ляжет на самое удобное место. При нарушении достаточно угрожающего жеста со стороны животного высшего ранга.

В группе имеются кроме подчиненных и контактные животные, которые стараются мирно уживаться (трутся, облизывают).

Индифферентные животные, которые не борются за лидерство, но и не боятся высоко ранговых животных.

Изменения социальных рангов в группе возможны при заболевании лидера или ослабевании.

При введении в группу новых животных возникают стычки и драки. Драчливость возрастает при неблагоприятных условиях содержания, большом количестве животных в группе.

Конфликтные ситуации разрешаются через драки, что приводит к травмированию и снижению продуктивности (обычно высокопродуктивных, спокойных животных). Драчливых, агрессивных животных выбраковывают. Нежелательна частая перегруппировка и большое количество животных в группе (КРС 20-25, свиней до 20).

4. Половое поведение начинает проявляться в период полового созревания. Высокий уровень половых гормонов способствует проявлению половых рефлексов. Появляется интерес к противоположному полу. Животные становятся легко возбудимыми, драчливыми, снижается аппетит. С момента полового созревания животных содержат раздельно по полу (телят 6-8, жеребят 16-18, поросят 5-8 месяцев.).

Половое поведение включает поиск и выбор партнера, борьбу за обладание, ухаживание, проявление половых рефлексов, направленных на воспроизведение.

В период половой охоты самцы и самки выделяют специфические половые гормоны – феромоны, которые улавливаются органами обоняния на большом расстоянии и стимулируют половое поведение.

В период размножения половые рефлексы резко меняют все остальные поведенческие реакции (теряется чувство самосохранения, снижается аппетит, усиливается агрессивность).

5. Материнское или родительское поведение направлено на сохранение, выращивание и обучение потомства. Беремен-

ные животные избегают контакта с другими животными. Они более спокойные, много отдыхают. За 2-3 дня до родов они уходят из стада, прячутся, готовят место. При привязном содержании следует размещать животных в индивидуальных стойлах.

Материнские инстинкты включают облизывание (гормоны с остатками плодных вод способствуют отделению последа), массаж тела, помощь в поднятии на ноги и отыскивание вымени, охрану. Мать запоминает вид и запах своего детеныша. Ранний отъем (через 2-3 дня) в молочном животноводстве не желателен. Новые технологии содержания предусматривают использование коров кормилец (10 дней держат теленка с матерью, а затем 3-4 теленка к корове со спокойным нравом и хорошо развитыми материнскими инстинктами).

6. **Комфортное** или гомеостатическое поведение включает поведенческие двигательные реакции, направленные на создание для себя благоприятных внешних условий существования (выбор места для отдыха, солнечное место, тень, сухая, мягкая поверхность, удобная поза, купание в воде, валяние в песке, облизывание, почесывание, поддержание чистоты в стойле – мочеиспускание и дефекация в одном месте и т.д.).

Гомеостатическое поведение направлено на поддержание постоянства внутренней среды (мочеиспускание, дефекация, поедание тех кормов, которые содержат необходимые питательные вещества).

7. **Исследовательское** поведение позволяет изучать и оценивать окружающую среду. Животное осматривает, обнюхивает, облизывает и переворачивает предметы, захватывает их зубами.

8. **Игровое** проявляется у животных через 2-3 недели после рождения. Животные совершают резкие движения, подскакивают, бегают, бодаются, трутся головами и т. д.

9. **Подражательное** молодняк подражает, копирует поведение матери. Взрослые копируют поведение других животных.

Поведение животных включает врожденные формы (видовые) и приобретенный жизненный опыт.

Врожденные формы поведения (инстинктивные) генетически запрограммированы и для их проявления не нужно специального обучения.

На различных этапах эволюции выделяют следующие врожденные (адаптивные) реакции.

1. **Таксисы** – простейшая форма поведения, определяю-

щая взаимодействие организма со средой.

2. **Рефлекс** – безусловно-рефлекторная реакция.

3. **Инстинкт** (лат. *instinctus* побуждение) комплекс безусловных рефлексов.

Инстинкт сложная поведенческая реакция, свойственная данному виду животных и передающаяся по наследству. Инстинкт – продукт естественного отбора и направлен на сохранение и воспроизводство вида (т.е. носит адаптивный характер).

Все формы поведения (пищевое, родительское, половое, игровое и др.) базируются на инстинктивной деятельности. Каждый инстинкт включает в себя более простые инстинкты.

Все формы поведения являются результатом взаимодействия генетически запрограммированных реакций и среды обитания. Не все кошки ловят мышей. Котята должны увидеть, как это делает мать.

У инкубаторских кур исчезает, со временем, инстинкт насиживания яиц. У некоторых птиц исчезает инстинкт миграции.

В реализации инстинктов важная роль принадлежит гипоталамусу и лимбической системе.

Поведенческие реакции носят адаптивный (приспособительный) характер, т.е. способствуют поддержанию гомеостаза и поддержанию основных физиологических функций.

К врожденным формам поведения относятся эмоции (восторг, страх, гнев и т.д.), которые сопровождаются типичными двигательными реакциями (мимикой, голосом и др.).

Приобретенные формы поведения, т.е. индивидуальные складываются из обучения и мышления.

Обучение – формирование поведения животного в процессе индивидуального развития. Основная роль в обучении принадлежит окружающей среде.

В процессе обучения у животных возникают и закрепляются новые условные рефлексы. Например, при боксовом содержании вырабатываются рефлексы на шум кормораздатчика. К месту раздачи кормов подходят первыми здоровые животные более высоких рангов (больные, ослабленные животные и более низких рангов оттесняются).

При грубом обращении (побои, крики) особенно во время кормления или доения у животных вырабатываются отрицательные условные рефлексы, что ведет к снижению продуктивности.

Импринтинг (запечатление) - одна из форм ранней памяти, разновидность обучения. Импринтинг запечатление, запоминание

окружающих предметов или обстановки. Обычно запечатление осуществляется в раннем детстве и может произойти только в течение специального чувствительного периода, а, если этот период будет упущен, в более поздние сроки оно уже не осуществится. Классический пример запечатления – формирование реакции следования за матерью у птенцов выводковых птиц.



Рис. 161. Явление импринтинга у утят

Сама по себе реакция эта врожденная, но в течение первых часов после вылупления молодые птицы должны «запечатлеть» облик матери. Если в этот период утята не увидят утки, то впоследствии будут ее бояться. Если же в этот период на глаза утенку попадает какой-нибудь движущийся предмет, например футбольный мяч или игрушечная машина, то он начинает реагировать на него как на свою мать и всюду следовать за ним.

У коров и лошадей импринтинг по отношению к детенышам развит слабо, и они принимают на воспитание чужих детенышей. Покормив и облизав детеныша, они считают его своими. На этом основано выращивание группы телят (жеребят) под контролем одной коровы (кобылы).

Импринтинг имеет большое значение при групповом содержании. Каждое животное в группе запоминает других животных и их ранг (основа бесконфликтного поведения).

Подражание – форма обучения. Молодняк подражает матери или другим животным и тем самым обучается правилам поведения в группе.

Игровая форма поведения со сверстниками или взрослыми животными позволяет отрабатывать элементы взрослого поведения (охота, защита и др.). Дрессировка собак происходит лучше, если на площадке имеются другие обученные собаки.

Инсайт (озарение) или элементарная рассудочная деятельность – проявление у животных определенных поведенческих реакций без предварительных проб и ошибок. Животное понимает отношение между стимулами или событиями и у него возникает новая реакция. Животное улавливают простейшие эмпирические законы (приобретенные в ходе собственного опыта) связанные с явлениями и предметами окружающей среды и способны использовать это в своем поведении.

Многие животные при тяжелых ранениях доверяют человеку оказывать им лечебную помощь. Раненая лосиха сама подошла к людям и позволила оказать себе помощь.

Животные способны улавливать надвигающуюся опасность, т.е. могут прогнозировать, предвидеть катастрофу. Во время цунами все животные (кошки, собаки) ушли из зоны затопления.

Рассудочная деятельность складывается из:

1. Восприятие информации сенсорными отделами коры больших полушарий и аналитической функции мозга.
2. Отбор наиболее существенной информации – синтетическая функция мозга.
3. Принятие решения т.е. адекватного в данной ситуации поведения.

Таким образом, поведение животных складывается из:

1. Врожденных форм (инстинктов).
2. Приобретенных форм на базе условных рефлексов.
3. Рассудочной деятельности.

Поведение формируется на основе наследственности и условий внешней **среды**.

Наиболее прочные наследственно закрепленные инстинкты, а более изменчивые приобретенные реакции.

Наследственные факторы определяют те формы поведения, которые базируются на безусловных рефлексах.

Условий окружающей среды оказывают влияние на поведение, направленное на удовлетворение биологических потребностей животного.

В процессе одомашнивания некоторые инстинкты могут исчезать (миграция, насиживание яиц, при клеточном содержа-

нии и др.).

Животные разного типа ВНД по-разному проявляют себя в одинаковых ситуациях. Лидер имеет сильный, уравновешенный тип, а животные низших рангов – слабый тип ВНД.

От **типа ВНД** зависит быстрота выработки и прочность закрепления условных рефлексов, динамический стереотип, устойчивость к неблагоприятным условиям.

Сезонные изменения (освещенность, температура, наличие и состав кормов и др.), смена содержания оказывают влияние на повторяемость физиологических процессов (репродуктивных функций), сезонных ритмов.

Продолжительность светового дня, чередование сна и бодрствования формируют суточный ритм поведения. Формирование суточного ритма зависит так же от распорядка дня, кратности кормления, доения и др. В птицеводстве искусственное увеличение продолжительности светового дня продлевает цикл яйцекладки.

Физиологическое состояние (голод, сытость, беременность, болезни, усталость и т.д.) так же оказывают влияние на поведение животных.

Тема: Анализаторы

Вопросы: Классификация рецепторов. Понятие об анализаторах. Зрительный анализатор. Слуховой и вестибулярный анализаторы. Обонятельный анализатор. Вкусовой анализатор. Кожный анализатор.

Рецептор - сложное образование, состоящие из (нервных окончаний) дендритов чувствительных нейронов или специализированных клеток обеспечивают превращение энергии раздражителя в нервный импульс.

В некоторых рецепторах (**вкусовых** и **слуховых**) раздражитель непосредственно воспринимается специализированными клетками (или видоизмененными нервными клетками **сетчатки**), которые не генерируют нервных импульсов, а действуют на иннервирующие их нервные окончания, изменяя секрецию медиатора.

По положению различают **внутренние** (интероцепторы) и внешние (экстерорецепторы) рецепторы.

Внутренние рецепторы расположены во внутренних органах и воспринимают внутренние стимулы (например, информацию

о состоянии внутренней среды организма) о состоянии внутренних органов (**висцерорецепторы**), а также о положении и движении тела и отдельных его частей в пространстве (**вестибулорецепторы и проприорецепторы**). **Проприорецепторы** - рецепторы опорно-двигательного аппарата, позволяющие определить, напряжение и степень растяжения мышц и сухожилий. Являются разновидностью интерорецепторов. К проприорецепторам относят, помимо свободных нервных окончаний, также мышечные веретена, тельца Гольджи, сосредоточенные в сухожилиях, и тельца Пачини, расположенные в фасциях, сухожилиях, связках.

Внешние рецепторы, расположены на поверхности или вблизи поверхности тела и воспринимают внешние стимулы (сигналы из окружающей среды).

По действию раздражителя различают: **хеморецепторы** - воспринимают воздействие растворенных или летучих химических веществ. На хеморецепции основаны вкус и обоняние; **осморецепторы** - воспринимают изменения осмотической концентрации жидкости (как правило, внутренней среды); **механорецепторы** - воспринимают механические стимулы (прикосновение, давление, растяжение, колебания воды или воздуха и т. п.) механорецепции - осязание, слух и равновесие, а также ощущения положения тела в пространстве; **фоторецепторы** - воспринимают видимый и ультрафиолетовый свет фоторецепции – зрение; **терморецепторы** - воспринимают понижение (холодовые) или повышение (тепловые) температуры; **болевые рецепторы** (ноцицепторы), стимуляция которых приводит к возникновению боли.

Анализатор (или сенсорная система - лат. sensus чувство, ощущение) – совокупность чувствительных нервных образований, воспринимающих, проводящих и анализирующих внешние и внутренние раздражения.

И.П. Павлов предложил заменить термин «Органы чувств» на «Анализатор» так как это не соответствует действительности. Органы чувств лишь воспринимающая, рецепторная часть, анализатора.

Посредством анализаторов организм получает информацию о внешней и внутренней среде, что позволяет лучше приспособляться к постоянно меняющимся условиям.

Различают следующие анализаторы:

1. Внешние – получающие информацию из внешней среды (зрительный, слуховой, вкусовой, обонятельный, кожный).

2. Внутренние – получающие информацию о состоянии тела (вестибулярный, висцеральный, проприорецепторный).

Анализатор состоит из 3 отделов:

1. Периферического (рецепторного).
2. Проводящего (афферентный проводник).
3. Центрального (коркового – сенсорные нейроны коры).

Периферический отдел анализатора образован дендритами чувствительных (афферентных) нейронов или специальными высокоспециализированными рецепторными клетками, с которыми связан первый афферентный нейрон. В связи с этим анализаторы подразделяются на:

1. Первичночувствующие - **обонятельный, кожный** (тактильные, терморецепторы, болевые рецепторы), **висцеральный** (рецепторы внутренних органов) **двигательный** (проприорецепторы – рецепторы мышц и связок).

2. Вторичночувствующие - **зрительный, слуховой, вкусовой, вестибулярный.**

Общие свойства анализаторов:

1. Высокая чувствительность - очень низкий порог раздражения, т.е. минимальное количество энергии адекватного раздражителя необходимое для возникновения возбуждения рецепторов.

2. Специфичность – дифференцированный ответ на энергию определенного вида.

3. Продолжительность действия - т.е. рецептор посылает сигналы, пока действует раздражитель.

4. Сенсбилизация – повышение чувствительности под влиянием многократных раздражителей.

5. Воспроизведение последующих образов – образование образов после прекращения действия раздражителя.

6. Адаптация – привыкание (приспособление) к действию определенных раздражителей.

При помощи зрения животные ориентируются в окружающей среде, воспринимают цвет, форму предметов, расстояние. До 90 % информации поступает к человеку через глаза.

Диапазон вол, воспринимающих глазом, от **380** до **760** нм. Красный цвет длинноволновый (620-760 нм), зеленый средней волны, фиолетовый коротковолновый (380-450 нм). Обычный свет состоит из лучей с различными длинами волн (опыт Ньютона).

Ультрафиолетовые лучи (лат. ultra сверх) – невидимые глазом электромагнитные излучения с длиной волны от 10 до

400 нанометров, располагающиеся в спектре между фиолетовыми и рентгеновскими лучами. Отличаются сильным химическим и биологическим действием. Широко применяются в медицине, сельском хозяйстве, промышленности и др.

Инфракрасное лучи (лат. infra ниже, под) - электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света (с длиной волны 740 нм и микроволновым излучением 1-2 мм).

Зрительный анализатор состоит из 3 отделов:

1. **Периферический** отдел (глаз).
2. **Проводниковый** отдел (зрительный нерв – II пара черепно-мозговых нервов и промежуточные нервы).
3. **Корковый** (центральный) отдел (зрительная зона затылочной доли коры больших полушарий).

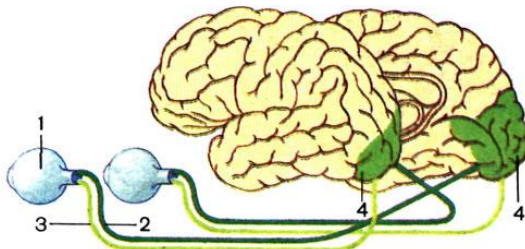


Рис. 162. Схема зрительного анализатора человека: 1 - глаз; 2 - перекрещивающаяся часть зрительных путей; 3 - неперекрещивающаяся часть зрительных путей; 4 - мозговой конец зрительного анализатора в затылочной области коры больших полушарий

Глаз (глазное яблоко) расположен в углублении костей черепа - глазнице и состоит из **оптической** и **фоторецепторной** части.

Имеет 3 оболочки:

1. **Белочная оболочка** (sklera склера) плотная соединительная ткань, на переднем конце прозрачная - **роговица**.

2. **Сосудистая оболочка** (chorioidea) - обильно снабжена кровеносными сосудами, питающими глаз. В передней части сосудистая оболочка переходит в **радужную**. Пигмент радужной оболочки обуславливает цвет глаз. У альбиносов пигмент отсутствует и видны кровеносные сосуды – радужка красная. В середине радужной оболочки находится отверстие – **зрачок**, через который проникает свет.

Зрачок окружен **кольцевыми** и **радиальными** мышцами

и регулирует количество света, падающего в глаз. Кольцевые мышцы иннервируются **парасимпатическими** волокнами и вызывают сужение зрачка, а радиальные – **симпатическими**, вызывают расширение зрачка.

На свету зрачок суживается, а в темноте расширяется. При испуге, гнев под действием адреналина зрачок расширяется.

К сосудистой оболочке прилегает пигментный эпителий содержащий - **фуцсин**, окрашивающий сосудистую оболочку в черный цвет (зрачок черный) и препятствующий рассеиванию и отражению световых лучей.

В пигментном слое содержится витамин А (**ретинол**).

3. **Сетчатая оболочка** (retina) является фоторецепторной (светочувствительной) частью глаза.

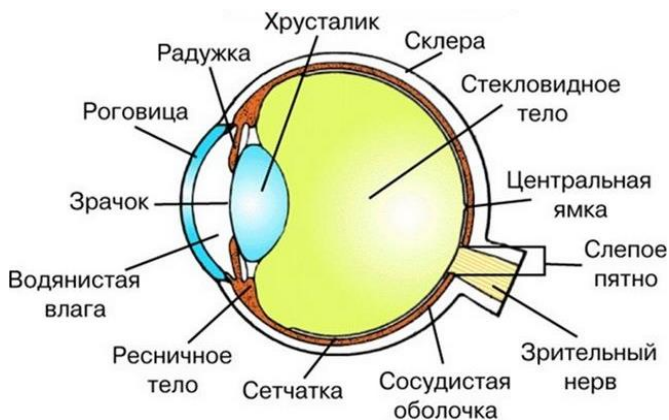


Рис. 163. Схема строения глаза

Оптическая (прозрачная) часть глаза состоит:

1. **Роговицы** – прозрачная, лишенная кровеносных сосудов передняя часть белочной оболочки. Заменяют при бельме (от труп)

2. **Передняя и задняя камеры** – пространство между роговицей и хрусталиком, заполненное жидкостью (водянистой влагой).

3. **Хрусталика** (двояковыпуклая линза). Катаракта – помутнение хрусталика. Хрусталик (lens) заключен в прозрачную капсулу, к которой крепится **ресничная** мышца.

4. **Стекловидного тела** – прозрачное студенистое вещество, образованное тончайшими волокнами, между которыми находится жидкость.

При возбуждении симпатических нервов хрусталик расширяется и **уменьшается** его выпуклость, а при возбуждении парасимпатических волокон хрусталик сужается и **увеличивается** его выпуклость.

Благодаря хрусталику изображение на сетчатке **уменьшенное и обратное**.

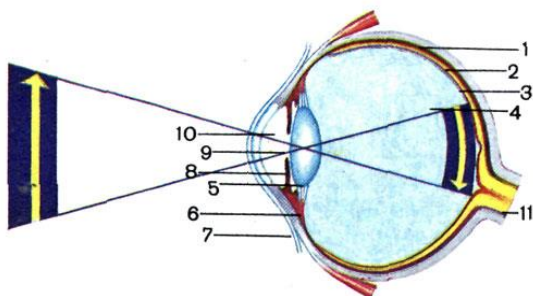


Рис. 164. Схема строения глаза человека и изображение предметов на сетчатке: 1 - белочная наружная оболочка; 2 - сосудистая оболочка; 3 - сетчатка; 4 - стекловидное тело; 5 - хрусталик; 6 - ресничная мышца; 7 - роговица; 8 - радужная оболочка; 9 - зрачок; 10 - водянистая влага (передняя камера); 11 - зрительный нерв

Аккомодация глаза – приспособление глаза к ясному видению разно удаленных предметов (фокусирование лучей на сетчатке). Достигается аккомодация путем изменения кривизны хрусталика.

В нормальном состоянии хрусталик имеет **плоскую** форму (ресничные мышцы расслаблены) и хорошо видны предметы находящиеся вдали, а предметы находящиеся вблизи расплывчато.

При рассматривании предметов вблизи, за счет сокращения **ресничной** мышцы, хрусталик становится **выпуклым**.

Дальнозоркость (гиперметропия) – фокусирование лучей за сетчаткой (исправляют очками с двояковыпуклыми линзами). Хорошо видны удаленные предметы и плохо находящиеся вблизи.

Возрастная дальнозоркость появляется после 40-45 лет: зрение вдаль обычно не меняется, но вблизи ухудшается. Этот процесс с возрастом прогрессирует, поэтому примерно к 60-70

годам хрусталик совсем теряет способность менять кривизну.

Близорукость (миопия) – фокусирование лучей впереди сетчатки (исправляют дальновогнутыми линзами). Плохо видят отдалённые предметы, обычно держат рассматриваемый предмет близко к глазам. Близорукость развивается от длительного напряжения зрения, недостаточного освещения. Близорукость обозначают знаком «**минус**», а дальнозоркость – знаком «**плюс**».

Сетчатка является фоторецепторным органом и состоит из:

1. **Фоторецепторный** слой - **палочки** и **колбочки**.
2. **Биполярных** нейронов.
3. **Ганглиозных** нейронов - нервные клетки с многочисленными отростками (формируют зрительный нерв).

У ночных животных между пигментными клетками и сетчаткой расположен слой, отражающий свет - особая перепонка (**тапетум**), поэтому на фоторецепторы действуют не только прямые лучи, но и отраженные, что повышает возможность восприятия света.

Желтое пятно – центральное поле сетчатки, место наилучшего видения, в нем светочувствительные клетки представлены исключительно **колбочками**. Палочки расположены по периферии сетчатки.

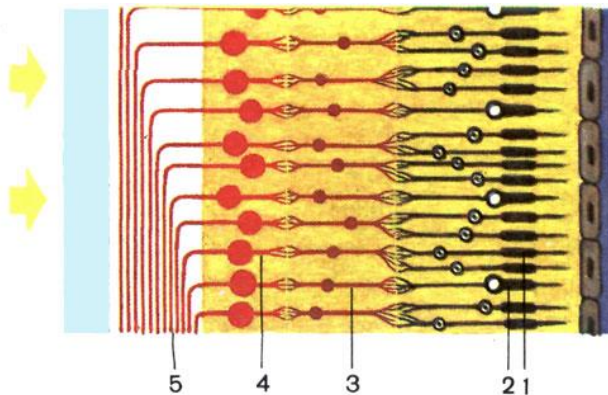


Рис. 165. Схема строения сетчатки глаза человека: 1 - палочки; 2 - колбочки; 3 - биполярные нейроны; 4 - ганглиозные нейроны, отростки которых образуют зрительный нерв (5). Стрелки показывают направление световых лучей

Палочки чувствительны к очень слабому свету и являются аппаратом сумеречного зрения (в 1000 раз более чувствительны, чем колбочки). Периферическое зрение обеспечивается с помощью палочек (малая острота и бесцветность восприятия)

Содержат пигмент **родопсин**, наиболее чувствителен в зеленой части спектра (510 нм). При слабом свете, при луне палочки воспринимают освещенность форму предметов, но **цвета** не воспринимают (в сумерках все кошки серые).

Колбочки являются аппаратом дневного зрения (воспринимают яркий свет), в сумерках они не функционируют. Их больше в центральной части сетчатки (**желтое пятно**). Содержат пигмент **иодопсин**. Колбочки различают мелкие детали и чувствительны к цвету. У человека примерно 7 млн. колбочек и 130 млн. палочек.

Слепое пятно – участок, который не имеет светочувствительных клеток. К слепому пятну сходятся кровеносные сосуды и нервные волокна, образующие зрительный нерв.

Палочки и колбочки состоят из 2 члеников – наружного и внутреннего. Наружный членик содержит зрительный пигмент, чувствительный к действию света, а внутренний имеет ядро и митохондрии, которые обеспечивают энергетические процессы.

Светочувствительные членики обращены в противоположную от света сторону. От фоторецепторных клеток возбуждение передается на **биполярные** нервные клетки, а от них на **ганглиозные** нервные клетки, отростки которых формируют **зрительный нерв** (II - пара).

Каждая **колбочка** передает сигнал одной биполярной клетке, а **палочки** присоединены группами к общему волокну.

Под действием света **родопсин** распадается до белка **опсина** и каротиноида **ретинона** (альдегид витамина А) и в результате чего возникает ПД.

Свет → **Родопсин** → **Ретинен + Опсин**

В темноте происходит восстановление (опсин + ретинол → родопсин).

При недостатке витамина А (ретинола) восстановление родопсина задерживается и глаз теряет способность к темновой адаптации (куриная слепота).

Цветное (цветовое) зрение. Теорию цветового зрения впервые высказал **М.В. Ломоносов** 1751 г.

Однако приоритет этого высказывания принадлежит немецкому физиологу **Юнгу** (спустя 100 лет после высказыва-

ния Ломоносова).

Немецкий физиолог **Г. Гельмгольц** развил эту теорию (**трехкомпонентная теория смешения цветов**) и высказал предположение о существовании 3 видов колбочек, высокочувствительных к **красному, зеленому и синему** цветам.

Каждый вид колбочек возбуждается определенной длиной волны. Возбуждение различных колбочек приводит к восприятию различных цветов.

Белый цвет результат одинаковой стимуляции колбочек всех 3 типов. Равномерное раздражение 3 видов колбочек вызывает ощущение белого цвета.

У животных ведущих ночной образ жизни в сетчатке преобладают **палочки** (кошки, совы, ежи), а у дневных **колбочки** (куры). Среди позвоночных наличие цветового зрения доказано у рыб, лягушек, черепах, ящериц, у большинства птиц. Прекрасное цветовое зрение у пчел, стрекоз и других насекомых. У собак плохое цветовое зрение - они способны слегка различать красный и синий цвета. Не доказано наличие цветового зрения у копытных животных. Цветового зрения нет у животных, ведущих ночной образ жизни.

Около 7-8 % мужчин и 0,5 % женщин частично или полностью лишены цветового зрения. Они не различают **красный и зеленый** цвет, их они воспринимают как серые (Дальтонизм). Дальтонизм не излечим, передается по наследству. Существует 3 вида дальтонизма.

- 1) Протанопия (дальтонизм) слепота на **красный** цвет.
- 2) Дейтеранопия понижение восприятия **зеленого** цвета.
- 3) Тританопия не восприятие **синего и фиолетового** цвета.

Защитный аппарат глаз:

1. Веки.
2. Слезные железы.
3. Мигательные перепонки – третье веко.

Различают два основных типа зрения: **панорамное** (монокулярное) и **стереоскопическое** (бинокулярное).

Панорамное зрение с большим полем позволяет потенциальным жертвам (сурки, суслики, зайцы, копытные и т. п.) вовремя заметить опасность, они лучше воспринимают пространство, расположение и движение предметов, а хуже форму и детали. У грызунов поле зрения 360°, у копытных 300-350°. Область обзора у кошек 250-280°, свиней 300°, кроликов 360°, у голубей 340, собак 250°.

Бинокулярное зрение – одновременное видение предметов двумя глазами. Бинокулярное зрение позволяет видеть предметы объемными и лучше оценивать их удаленность. У волков, лисиц, угол бинокулярного поля равен 65-75°, у медведей 80-85°. У кошек зрительные оси обоих глаз почти параллельны, и поле зрения двумя глазами достигает 130° (у человека 150°).

Проводниковая часть представлена зрительным нервом, который в области перекреста (хиазма) 50 % волокон направляет в противоположное полушарие мозга. После перекреста каждый нерв (называется зрительным путем – трактом) разделяется на 2 корешка. Один корешок идет в переднее двуххолмие среднего мозга, а другой к коленчатому телу таламуса.

Центральная часть зрительного анализатора расположена в затылочной доле больших полушарий (зрительная зона).

Слуховой анализатор второй по значению анализатор человека (5 % – информации). Человек может воспринимать звуки с частотой колебаний от 16 до 20000 Гц, собаки до 80000, летучие мыши до 100000 Гц.

Волны с частотой менее 20 Гц называются **инфразвуком**, а с частотой более 20000 Гц - **ультразвуком**. Минимальная сила звука, слышимого человеком, называется абсолютной слуховой чувствительностью. Пороги слышимости изменяются в зависимости от частоты звука. Максимальной чувствительностью слух человека лежит в области частот от 1000 до 4000 Гц, что совпадает с диапазоном человеческого голоса.

Слух и речь тесно связаны. Слух необходим для развития речи. Глухие с рождения (часто) немые. Слуховой анализатор обеспечивает пищевые, половые, оборонительные и приспособительные реакции организма.

Слуховой анализатор состоит из 3 отделов: периферического, проводящего и центрального. Периферический (рецепторный) отдел слухового анализатора состоит из наружного, среднего и внутреннего уха.

Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода (у некоторых животных ушные раковины подвижны). Наружный слуховой проход – узкая трубочка, по которой проходят звуковые волны. В коже и у основания ушной раковины расположены железы, выделяющие ушную **серу**, предохраняющую ухо от загрязнения и высыхания барабанной перепонки. Наружное ухо отделено от среднего **барабанной перепонкой** (0,1-0,2 мм).

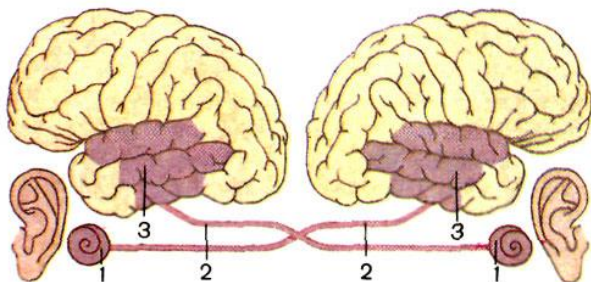


Рис. 166. Схема слухового анализатора человека: 1 - слуховые рецепторы кортиева органа; 2 - слуховые нервы; 3 - мозговые концы слухового анализатора в височной области коры больших полушарий

Среднее ухо (представляет собой маленький барабан) – полость, в которой расположено 3 слуховых косточки (**молоточек, наковальня, чечевицеобразная косточка, стремечко**), представляющих систему рычагов. Ручка молоточка прикреплена к барабанной перепонке, а стремечко к **овальному окну**. Колебания барабанной перепонки передаются через косточки на овальное окно. Давление на мембране **овального окна** больше в 20–25 раз, чем на барабанной перепонке. Стремечко вдавливает овальное окно и вызывает колебание жидкости верхнего и нижнего каналов улитки, что вызывает колебание мембран (основной и Рейснеровой). В результате этого происходит колебание эндолимфы и контакт волосковых клеток с кортиевой покровной мембраной. При контакте волосковые клетки возбуждаются и трансформируют звуковые колебания в нервные импульсы.

В зависимости от силы звука колеблются волокна кортиева органа, расположенные на разных частях основной мембраны. При высоких тонах раздражение передается только на участки ближе к овальному окну (т.е. на начальную часть кортиева органа). При низких тонах колебания жидкости распространяются до вершины улитки.

Среднее ухо сообщается с атмосферным воздухом через слуховую (**евстахиеву**) трубу, открывающуюся в носоглотке. Она предохраняет барабанную перепонку от повреждения при значительном давлении.

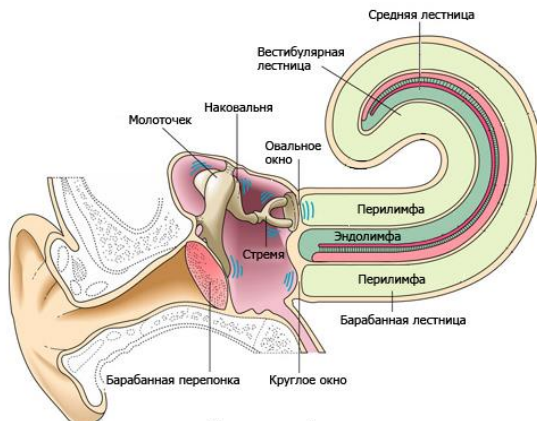


Рис. 167. Схема строения наружного, среднего и внутреннего уха

В костной перегородке, отделяющей среднее ухо от внутреннего, имеется **круглое окно** (окно улитки), закрытое тонкой соединительнотканной мембраной, колебания которой изменяет объем внутреннего уха и обеспечивает возбуждение кортиева органа.

Внутреннее ухо (или лабиринт) состоит из **улитки** (слуховая функция), **преддверия** и трех **полукружных каналов** (вестибулярный аппарат).

Улитка – костный спиралеобразный извитой канал. Канал улитки разделен основной **мембраной**, состоящей из натянутых как струны эластических волокон и **вестибулярной** (мембрана Рейснера) мембраной на **три** канала: **верхний, средний и нижний**.

Внутри среднего канала на основной мембране расположен звуковоспринимающий аппарат – **спиральный кортиев орган**, который содержит **рецепторные волосковые клетки**. Они трансформируют механические колебания в потенциалы действия.

Волоски омываются **эндолимфой** и контактируют с **покровной пластинкой**, расположенной над волосковыми клетками по всему ходу среднего канала.

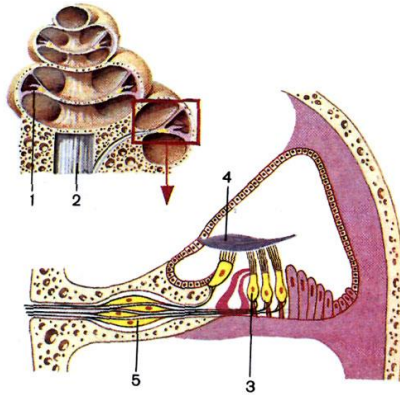


Рис.168. Схема строения улитки (поперечный разрез): 1 - основная мембрана; 2 - слуховой нерв. Внизу строение кортиевого органа: 3 - волосковые рецепторные клетки; 4 - покрывная мембрана; 5 - улитковый нерв

При действии звуков основная мембрана колеблется, волоски рецепторных клеток касаются **покрывной пластинки** и деформируются, что сопровождается генерацией рецепторного потенциала и возбуждением слухового нерва.

К волосковым (слуховым) клеткам подходят отростки нервных клеток, которые расположены в **спиральном нервном ганглии улитки (первый афферентный нейрон)** от которого берет начало **слуховой нерв** (VIII пара). Аксоны нейронов слухового нерва заканчиваются на клетках **продолговатого мозга** (кохлеарных ядрах), где локализован **второй нейрон** слухового анализатора. Отсюда возбуждение поступает в **задние бугры четверохолмия** среднего мозга и медиальные коленчатые тела промежуточного мозга (**таламус**, где расположен **третий нейрон** слухового анализатора), и далее в **височную долю** коры больших полушарий, содержащую сенсорные (декодирующие) и ассоциативные нейроны.

Вестибулярный анализатор (лат. vestibulum преддверие), обеспечивает ориентацию в пространстве и равновесие. Является частью внутреннего уха. Представлен **преддверием** внутреннего уха с двумя расширениями - **овальным** и **округлым** мешочками и тремя **полукружными каналами** расположенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях под прямым углом друг к другу (горизонтально, фронтально и сагиталь-

но). Каждый канал имеет на одном конце расширение **ампулу**.

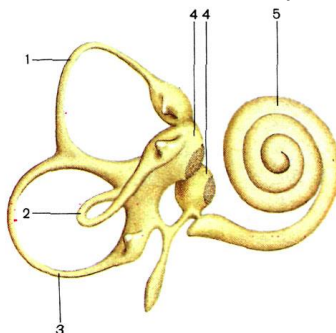


Рис. 169. Схема строения вестибулярного аппарата: 1,2,3 - полукружные каналы; 4 - отолитовы мешочки; 5 - улитки

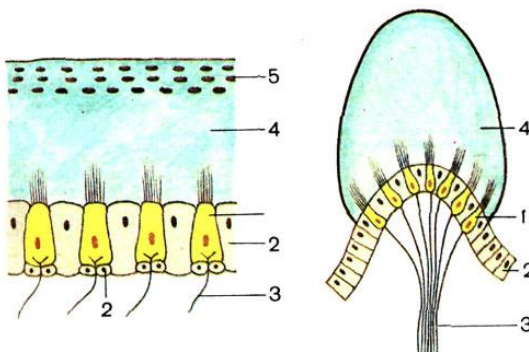


Рис. 170. Схема строения вестибулярных рецепторов. Слева - рецепторы отолитового мешочка, справа - рецепторы полукружных каналов: 1 - волосковые чувствительные клетки; 2 - опорные клетки; 3 - волокна вестибулярного нерва; 4 - студенистая масса; 5 - отолиты

Округлый и овальный мешочки и полукружные каналы заполнены жидкостью - **эндолимфой** и содержат **отолиты**. Отолиты представляют собой кристаллы углекислого и фосфорнокислого кальция шестиугольной формы.

Внутренняя поверхность мешочков и преддверия образована слоем эпителиальных клеток, с чувствительными **волосковыми клетками**.

В **ампулах** полукружных каналов расположен чувствительный аппарат в виде гребня (**отолитовая система**), состоящего из **опорных** и **рецепторных** клеток с **волосками**.

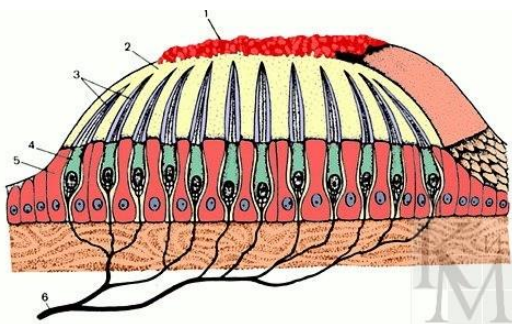


Рис. 171. Строение отолитового аппарата: 1 - отолиты; 2 - отолитовая мембрана; 3 - волоски рецепторных клеток; 4 - рецепторные клетки; 5 - опорные клетки; 6 - нервные волокна

Чувствительные отростки рецепторных клеток погружены в тонкий слой студенистой массы, в которой лежит большое количество очень мелких кристалликов углекислого кальция - **стаголитов**.

К рецепторным клеткам вестибулярного аппарата подходят **биполярные** нервные клетки, аксоны которых образуют вестибулярную ветвь **слухового нерва** (преддверно-улитковый VIII пара).

Нерв состоит из двух частей **слуховой** и **преддверной** (вестибулярной), которые проводят соответственно слуховые импульсы от рецепторов улитки и информацию о равновесии от рецепторов полукружных каналов и мешочков преддверия

При поворотах головы **эндолимфа** полукружных каналов давит на чувствительные волоски, что вызывает возбуждение нервных клеток.

Нервный импульс проводится по **вестибулярному** нерву в составе преддверно-улиткового (слухового) нерва в вестибулярное ядро **продолговатого** мозга, где происходит первичный анализ положения тела в пространстве, **средний** мозг, **мозжечок**, **таламус** и кору **теменной** доли больших полушарий.

Обонятельный анализатор один из наиболее древних анализаторов (2 % информации человек получает посредством обоняния).

Обоняние играет важную роль в приспособительных реакциях организма, способствует поиску и выбору пищи, ориентации на местности, спасению от врагов, общению животных (отыскиванию полового партнера).

Особенно большое сигнальное значение имеют пахучие вещества выделяемые животными и насекомыми в окружающую среду - феромоны.

Обоняние хорошо развито у млекопитающих, слабее у человека и птиц. У немецкой овчарки количество обонятельных клеток более 200 млн., у человека около 10 млн., а у птиц около 20 тысяч. Собака может определить запах одной молекулы в 1 см³ воздуха. Охотничьи собаки ощущают запах дичи до 1 км. Собака различает около 500000 запахов, у человека 10000 ощущений запахов.

Очень сильно развито обоняние у некоторых насекомых (бабочек, пчел). Самцы ночного павлиньего глаза чувствуют неплодотворенную самку до 10 км.

Периферическая часть обонятельного анализатора представлена **обонятельными клетками**, которые находятся в носовой полости в области **верхнего** носового хода и **задней** части носовой перегородки.

Обонятельный эпителий располагается в стороне от главного дыхательного пути, и вдыхаемый воздух поступает туда путем вихревых движений или диффузии. Такие вихревые движения возникают при "принюхивании" т.е. при коротких вдохах через нос и расширении ноздрей. Через обонятельную область проходит лишь 5 -10 % всего воздуха.

Обонятельная область состоит из **обонятельных** и **опорных** клеток.

Обонятельная клетка веретенообразной формы и имеет 6-12 подвижных ресничек. Поверхность обонятельной области покрыта слизью. Слизь защищает обонятельный эпителий от высыхания, способствует растворению пахучего вещества, удаляет остаток пахучего вещества.

Молекулы пахучего вещества адсорбируются на мембране волосков и изменяют ее **проницаемость** для отдельных ионов, это вызывает ее деполяризацию и возникновение нервных импульсов.

Обонятельные клетки представляют собой **биполярные нейроны**.

Дендриты образуют расширения, от которых отходят тонкие волоски (реснички) воспринимающие молекулы пахучего

вещества.

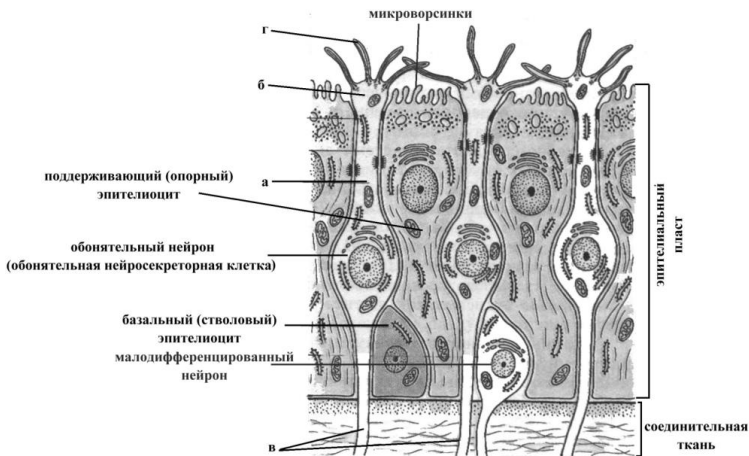


Рис. 172. Обонятельный эпителий

Аксоны, отходящие от обонятельных клеток, объединяются в пучки и формируют **обонятельный нерв** (I пара), который идет в **обонятельные луковицы**.

От обонятельных луковиц отходит несколько нервных стволов идущих в подкорковые центры **лимбической системы** (переднее обонятельное ядро и обонятельный бугорок), откуда импульсы поступают в **лобную** и **височную** доли коры.

При насморке обонятельная чувствительность снижается. Максимальная обонятельная чувствительность ощущается только в первый момент действия пахучего вещества. Затем очень быстро развивается адаптация рецепторов, и организм перестает ощущать запах.

Современная классификация запахов выделяет 10 различных группы: **фруктовые**, **ароматные**, **цветочные**, **мускусные**, **чесночные**, **горелые**, **сырные**, **потовые**, **зловонные**, **тошнотворные**.

Вкусовой анализатор вместе с обонятельным анализатором помогает определять качество пищи. Рецепторы вкусового анализатора располагаются в выростах слизистой оболочки полости рта – **вкусовых сосочках** в мягком небе, глотке, но особенно много их на поверхности языка.

Периферическим отделом вкусового анализатора являют-

ся **вкусовые луковичцы**, расположенные на вкусовых сосочках.

Внутри вкусовой луковичцы находятся вкусовые **рецепторные клетки**. Чувствительные окончания рецепторных клеток - **микроворсинки** - выходят на поверхность сосочка через вкусовую пору.

Вкусовые луковичцы имеют различную форму. В каждом сосочке расположено до 100 вкусовых луковичц.

Вкусовые луковичцы - это пучки клеток, чувствительных к растворам веществ, обладающих вкусом.

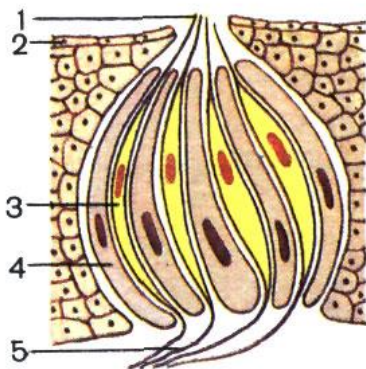


Рис. 173. Схема строения вкусовой почки: 1 - вкусовая пора; 2 - эпителий языка; 3 - чувствительная клетка; 4 - опорная клетка; 5 - вкусовой нерв

Вкусовая луковичца образована **опорными** и **рецепторными** клетками. Рецепторные клетки имеют волоски (**микроворсинки**).

Различают 4 основных вкусовых ощущения: **кислое, соленое, сладкое** и **горькое**.

Вкусовые сосочки имеют различную форму. Различают **нитевидные, грибовидные, листовидные**, и **валиковидные** сосочки. У жвачных листовидные сосочки отсутствуют.

Различают четыре основных вкусовых ощущения - горькое, сладкие, кислое и соленое. Ощущение сладкого больше воспринимается передней частью языка, горького - его основанием, кислого - средней частью его боковой поверхности, соленого - кончиком и боковым краем.

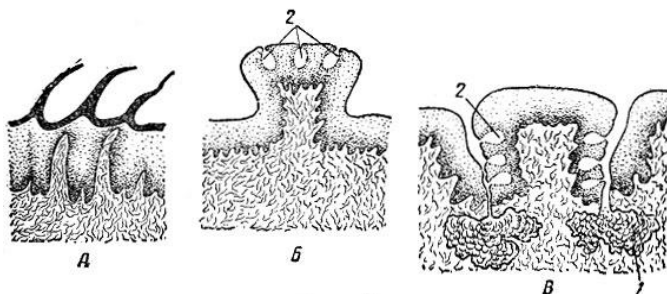


Рис. 174. Сосочки языка: А - листовидный; Б- грибовидный; В -желобовидный

Жвачные животные, лошади, свиньи хорошо различают все четыре вкуса. Однако свиньи отдают предпочтение сладкому, крупный рогатый скот и лошади - соленому.

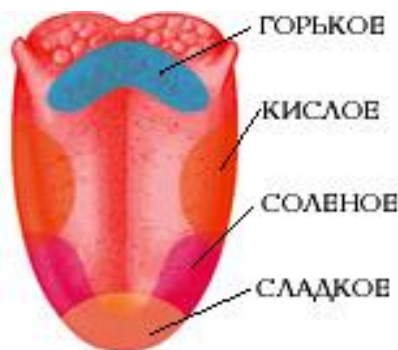


Рис. 175. Вкусовые зоны языка

Молекулы пищевых веществ растворяются в слое слизи на поверхности языка и достигают вкусовых клеток. Взаимодействуют с рецепторами, что приводит к их возбуждению и возникновению ПД. От рецепторов вкуса импульсы направляются по афферентным волокнам **тройничного, лицевого, блуждающего и языкоглоточного** нервов в **продолговатый мозг**, где расположен первичный центр вкуса.

Из продолговатого мозга импульсы поступают в ядра гипоталамуса, а затем во вкусовую зону коры больших по-

лушарий, расположенную в **теменной доле** (рядом с соматосенсорной зоной).

У травоядных вкусовые рецепторы развиты очень хорошо (несколько десятков тысяч вкусовых лукович), у хищных несколько хуже, а у птиц еще хуже (несколько сотен вкусовых лукович).

Вкусовой анализатор тесно связан с пищеварением. Ощущение вкуса возбуждает пищеварительный центр и появляется чувство аппетита.

Кожный анализатор реагирует на прикосновение – тактильная чувствительность, действие тепла и холода - температурная чувствительность, действие сверхпороговых раздражителей - болевая чувствительность.



Рис. 176. Рецепторы кожи

Тактильная чувствительность хорошо выражена на коже губ, век, щек, основания ушной раковины, в области паха, промежности, корня хвоста. Одно нервное волокно может иннервировать от нескольких мм² до 3см². При раздражении двух точек в пределах площади иннервируемой одним волокном вызывает ощущение одной точки (порог пространства). У лошадей порог мал и чувствительность кожи велика менее 3 см. К тактильным рецепторам относятся **тельца Мейснера**, расположенные под эпидермисом имеющие вид одного извилистого нервного окончания, одетого в капсулу. **Тельца Меркеля** - некапсули-

рованные рецепторы давления регистрируют продолжительность давления. Тельца **Фатера-Пачини** отвечают за ощущение давления и вибрации.

Температурная чувствительность. Чувство холода воспринимают тельца **Краузе**, расположенные на поверхности кожи между эпидермисом и дермой. Их примерно в десять раз больше, чем тепловых. Тепловые рецепторы - тельца **Руффини**, расположены глубже, между дермой и подкожной клетчаткой. Поэтому на холод реакция быстрее.

Болевая чувствительность воспринимаются болевыми рецепторами, или свободными нервными окончаниями. Болевые рецепторы расположены не только в коже, но и в мышцах, костях, внутренних органах. На 1 см² поверхности около 100 болевых точек, а на всей поверхности кожи их около миллиона. На коже почти нет участка, где не было бы болевых рецепторов, но расположены они неравномерно: больше в подмышечной и паховой участках и меньше всего – на подошвах, ладонях, ушных раковинах.

Возбуждение, возникающие в болевых, передаются по центrostремительным нервам в высшие корковые и подкорковые (в таламусе и гипоталамусе) центры боли, где и формируются ощущения боли и стимулирует выделение в кровь **эндорфинов**, которые являются блокаторами боли.

Список литературы

Основная:

1. Лысов В.Ф. **Физиология и этология животных** / В.Ф. Лысов, Т.В. Ипполитова, В.И. Максимов, Н.С. Шевелев. - М.: КолосС, 2012. - 605 с. 2-е изд.
2. Лысов В.Ф. **Этология животных: Учебник**/Лысов В.Ф., Костина Т.Е., Максимов В.И. / Под ред. В.И. Максимова. - М.: КолосС, 2010. - 296 с.
3. Лысов В.Ф. **Основы физиологии и этологии животных** / В.Ф. Лысов, В.И. Максимов - М.: КолосС, 2004. - 256 с.: ил.
4. Лысов В.Ф. **Практикум по физиологии животных** / В.Ф. Лысов, Т.В. Ипполитова, В.И. Максимов, Н.С. Шевелев; Под ред. В.И. Максимова. - 2-е изд. - М.: КолосС, 2010. - 303 с.
5. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц: Учебник** / Гудин В.А., Лысов В.Ф., Максимов В.И. / Под ред. В.И. Максимова. - СПб.: Изд-во «Лань», 2010. - 336 с.

Дополнительная:

1. Голиков А.Н. **Физиология сельскохозяйственных животных** / А.Н., Голиков, Н.У. Базанова, Э.К. Кожебеков. и др. Под ред. Голикова А.Н. - М.: Агропромиздат, 1991. - 432 с.
2. Георгиевский В.И. **Физиология сельскохозяйственных животных**, - М.: Агропромиздат, 1990. - 511 с.
3. Скопичев В.Г. **Физиология животных и этология** / В.Г. Скопичев и др. - М.: КолосС, 2003. - 720 с.: ил.
4. Скопичев В.Г. **Частная физиология. 4.1. Физиология продуктивности** М.: КолосС, 2006. - 311 с.
5. **Скопичев В.Г. Физиология репродуктивной системы млекопитающих.**- СПб.: Лань, 2007.-512 с.
6. Иванов А. **А. Этология с основами зоопсихологии**, - СПб.: Лань, 2007, - 634 с.
7. Георгиевский В.И., Аненков Б.Н., Самохин В.Т. **Минеральное питание животных**. - М.: Колос, 1979. - 471 с.

Учебное издание

Овсеенко Юрий Валентинович

Курс лекций
«Физиология и этология животных»

Учебно-методическое пособие для студентов 2-го курса
института ветеринарной медицины
и биотехнологии по специальности 111801.65 «Ветеринария»

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 17.03.2015 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 17,14. Тираж 50 экз. Изд. № 2921.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ

