

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Трубчевский аграрный колледж – филиал федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Лавриненкова А.Н.

**КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ
РАЗДЕЛ: ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ**

программы подготовки специалистов среднего звена
специальностей
36.02.01 Ветеринария,
35.02.15 Кинология,
35.02.14 Охотоведение и звероводство

Брянская область, 2022

УДК 591 (042)
ББК 28.673
Л 13

Лавриненкова, А. Н. Курс лекций по дисциплине Анатомия и физиология животных. Разд. Физиология животных программы подготовки специалистов среднего звена специальностей 36.02.01 Ветеринария, 35.02.15 Кинология, 35.02.14 Охотоведение и звероводство / А. Н. Лавриненкова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 161 с.

В учебно–методическом пособии собраны все необходимые материалы для преподавания следующих дисциплин: ОП.01. Анатомия и физиология животных специальности 36.02.01 Ветеринария, ОП.02. Анатомия и физиология животных специальности 35.02.15 Кинология, ОП.11. Анатомия и физиология охотничьих животных специальности 35.02.14 Охотоведение и звероводство. Предлагаемый материал предназначен преподавателям для работы и обучающимся для подготовки к текущему, промежуточному контролю знаний и дифференцированному зачету.

Курс лекций печатается по решению методического совета филиала, протокол № 7 от 19.05.22 г.

Рецензент:

Долбоносов А.А. – преподаватель зооветеринарных дисциплин Трубчевского филиала ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, высшая квалификационная категория.

Содержание

Лекция 1: «ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЮ ЖИВОТНЫХ».....	4
Лекция 2: «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ»	11
Лекция 3: «ФИЗИОЛОГИЯ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ»	19
Лекция 4: «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО–СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»	27
Лекция 5: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ»	47
Лекция 6: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ПИЩЕВАРЕНИЯ».....	56
Лекция 7: «ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕН ВЕЩЕСТВ»	76
Лекция 8: «ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕНА ЭНЕРГИИ. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ».....	90
Лекция 9: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ».....	95
Лекция 10 «ФИЗИОЛОГИЯ КОЖИ».....	98
Лекция 11: «ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ»	102
Лекция 12: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ».....	107
Лекция 13: «ФИЗИОЛОГИЯ ЛАКТАЦИЯ».....	112
Лекция 14: «ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»	117
Лекция 15: «ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ».....	128
Лекция 16: «ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ»	138
Лекция 17: «ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЭТОЛОГИЯ».....	145
Лекция 18: «ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ЖИВОТНЫХ».....	155
Литература.....	160

Лекция 1: «ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЮ ЖИВОТНЫХ»

Вопросы:

1. Физиология как предмет и характеризующие его понятия
2. Краткая история развития физиологии
3. Единство организма и внешней среды
4. Основные функции организма
5. Организм как саморегулирующаяся система
6. Принципы регуляции физиологических функций (нервный и гуморальный)

1. Физиология как предмет и характеризующие его понятия

Физиология (от греческих слов: *physis* – природа, *logos* – учение, наука) – наука о функциях и процессах, протекающих в организме или его составляющих системах, органах, тканях, клетках, и механизмах их регуляции, обеспечивающих жизнедеятельность животного в их взаимодействии с окружающей средой.

Физиология изучает жизнедеятельность организма в норме.

Норма — это пределы оптимального функционирования живой системы.

Нормальный организм – это оптимально функционирующая система. Под оптимальным функционированием живой системы, понимают наиболее согласованное и эффективное сочетание всех ее процессов, лучшее из реально возможных состояний.

Задачей физиологии является не только установление факта, свидетельствующего о том, что происходит с той или иной функцией во время жизнедеятельности животного, но, главное, выяснение с помощью каких механизмов реализуется функция, с какой целью обеспечивается данная функция в той или иной системе, органе, ткани или клетке. Речь идет, другими словами, об определении физиологического смысла функций или процессов и выяснении механизмов их регуляции. При этом уровни изучения физиологических процессов могут быть различными: организменный, системный, органный, тканевой, клеточный и субклеточный. В этих случаях соответственно изучаются функции целостного организма (например, поведение животного или человека), функции отдельных систем (пищеварения, выделения) органов (печень, почки), тканей (соединительной, мышечной), клеток (лейкоциты, макрофаги), а также ионные и молекулярные основы физиологических механизмов их функционирования.

Под функцией понимают специфическую деятельность системы или органа. Например, функциями желудочно–кишечного тракта являются моторная, секреторная, всасывательная; функцией дыхания: обмен O₂ и CO₂; функцией системы кровообращения: движение крови по сосудам; функцией миокарда: сокращение и расслабление; функцией нейрона: возбуждение и торможение, и т.д.

Процесс – последовательная смена явлений или состояний в развитии какого–либо действия или совокупность последовательных действий, направленных на достижение определенного результата.

Система – это совокупность органов или тканей, связанных общей функцией. Например, сердечно–сосудистая система, обеспечивающая с помощью сердца и сосудов доставку тканям питательных, регуляторных, защитных веществ и кислорода, а также отвод продуктов обмена и теплообмена.

Надежность биологических систем — это свойство клеток, органов, систем организма выполнять специфические функции, сохраняя характерные для них величины в течение определенного времени. Основной характеристикой надежности систем служит вероятность безотказной работы.

Организм повышает свою надежность различными способами:

1. путем усиления регенеративных процессов, восстанавливающих погибшие клетки,
2. парностью органов (почки, доли легкого и др.),
3. использованием клеток и капилляров в работающем и неработающем режиме: по мере нарастания функции включаются ранее не функционирующие,
4. использованием охранительного торможения,
5. достижением одного и того же результата разными поведенческими действиями.

2. Краткая история развития физиологии

Первоначальные сведения о функциях человека и животных были сформулированы врачами и мыслителями Древней Греции — Гиппократом (460—377 гг. до н. э.), Аристотелем (384—322 гг. до н. э.) и Древнего Рима — Галеном (171—200 гг.).

Возникновение физиологии как самостоятельной экспериментальной науки связано с именем английского врача Вильяма Гарвея (1578—1657), который в 1628 г. опубликовал капитальный труд «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных». Опытами на животных было доказано, что кровь движется в одном направлении по замкнутой системе кровеносных сосудов — артерий и вен и что постоянный ток крови обусловлен сокращениями сердца. Открытие было дополнено итальянским исследователем М. Мальпиги (1628—1694). Изучив под микроскопом капилляры, соединяющие артерии и вены в замкнутую сеть сосудов, он описал также микроскопическое строение кровяных телец кожи, легких, почек.

Первое полноценное руководство по физиологии на латинском языке в 8 томах «Elementa physiologia corporis humani» было написано А. фон Галлером в 1757—1766 гг. и впоследствии неоднократно обновлялось немецкими авторами. В первой половине XIX в.

появились учебники по физиологии Г. Прохаски (Чехия), И. Мюллера (Германия), А. М. Филомафитского (Россия).

Вклад в развитие физиологии внесли и русские ученые — И. М. Сеченов, И. П. Павлов, Ф. В. Овсянников, Н. Е. Введенский.

С именем И. М. Сеченова связаны открытия в различных областях науки. Им изучены закономерности переноса газов кровью, исследован ряд вопросов физиологии дыхания, мышечной деятельности, утомления. Наиболее важные исследования касаются физиологии центральной нервной системы, где им сделаны классические открытия — явление суммации раздражений и феномен центрального торможения. Заслугой И. М. Сеченова является признание важной роли среды в жизнедеятельности организма: «Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него» (1861). В 1863 г. ученый опубликовал свою работу «Рефлексы головного мозга», в которой впервые попытался объяснить психические процессы с позиции физиолога–материалиста.

И. П. Павлов разработал и ввел в экспериментальную практику метод условных рефлексов, который позволил объективно исследовать поведение животных во взаимосвязи с внешней средой. С открытием условных рефлексов были вскрыты механизмы интеграции физиологических функций и приспособления организма, как целого, к меняющимся условиям существования.

Разработанные И.П. Павловым принципы и методы исследования позволили заложить прочный фундамент для развития физиологии сельскохозяйственных животных в России.

Физиология сельскохозяйственных животных является теоретической основой всех практических дисциплин, так как без знания нормального хода физиологических процессов и характеризующих их величин, ветеринар не может лечить животное, пытаясь восстановить норму при развившейся патологии. В этом случае ему надо искать, какие механизмы регуляции функции нарушены и стремиться их вернуть к норме или компенсировать.

3. Единство организма и внешней среды

Важной особенностью человека и высших животных является постоянство химического состава и физико–химических свойств внутренней среды организма. Для обозначения этого постоянства используется понятие *гомеостаз* — совокупность физиологических механизмов, поддерживающих биологические константы организма на оптимальном уровне. Такими константами являются: температура тела, осмотическое давление крови и тканевой жидкости, содержание в них ионов натрия, калия, кальция, хлора и фосфора, а также белков и сахара, концентрация водородных ионов и др. Это постоянство

состава, физико–химических и биологических свойств внутренней среды является не абсолютным, а относительным и динамическим; оно постоянно коррелируется в зависимости от изменений внешней среды и в результате жизнедеятельности организма.

Внутренняя среда организма — совокупность жидкостей (кровь, лимфа, тканевая жидкость), принимающих непосредственное участие в процессах обмена веществ и поддержания гомеостаза в организме.

Обмен веществ и энергии состоит в поступлении в организм из внешней среды различных веществ, в их изменении и усвоении с последующим выделением образующихся из них продуктов распада. Обмен веществ (метаболизм) представляет собой совокупность протекающих в живых организмах химических превращений, обеспечивающих их рост, жизнедеятельность, воспроизведение, постоянный контакт и обмен с окружающей средой. Потенциальная, т.е. скрытая, химическая энергия сложных химических соединений при их расщеплении освобождается и превращается в тепловую, механическую, электрическую. При этом в организме в основном освобождается тепловая и механическая энергия. Освобождение же электрической энергии количественно ничтожно, однако этот вид энергии имеет важнейшее физиологическое значение, например, для функций нервной системы. Организм человека и животных не способен использовать свободную энергию внешней среды, например, энергию солнечных лучей. Он черпает энергию, освобождаемую при жизненных процессах, путем расщепления усвоенных, т.е. поступивших в жидкости организма и затем вошедших в состав протоплазмы живой клетки, органических питательных веществ. Процессы обмена веществ разделяют на две группы: ассимиляторные и диссимиляторные.

Ассимиляция – это процесс усвоения веществ, поступающих в организм из внешней среды; образования более сложных химических соединений из простых, а также происходящий в организме синтез живой протоплазмы.

Диссимиляция – это разрушение, распад, расщепление входящих в состав протоплазмы веществ, в частности, белковых соединений.

Компенсаторные механизмы — адаптивные реакции, направленные на устранение или ослабление функциональных сдвигов в организме, вызванных неадекватными факторами среды. Это динамичные, быстро возникающие физиологические средства аварийного обеспечения организма. Они мобилизуются, как только организм попадает в неадекватные условия, и постепенно затухают по мере развития адаптационного процесса. Например, под воздействием холода усиливаются процессы производства и сохранения тепловой энергии, повышается обмен веществ, в результате рефлекторного сужения периферических сосудов (особенно кожи) уменьшается теплоотдача. Компенсаторные

механизмы служат составной частью резервных сил организма. Обладая высокой эффективностью, они могут поддерживать относительно стабильный гомеостазис достаточно долго, для развития устойчивых форм адаптационного процесса.

4. Основные функции организма

Хотя физиология является единой и целостной наукой о функциях организмов животных и человека, ее подразделяют на несколько, в значительной степени самостоятельных, но тесно связанных между собой областей. Выделяют общую и частную физиологию, сравнительную и эволюционную, а также специальную (или прикладную) физиологию.

Общая физиология исследует природу процессов, общих для организмов различных видов, а также закономерности реакций организма и его структур на воздействия внешней среды. В связи с этим изучаются такие процессы и свойства, как сократимость, возбудимость, раздражимость, торможение, энергетические и метаболические процессы, общие свойства биологических мембран, клеток, тканей.

Частная физиология изучает функции тканей (мышечной, нервной и др.), органов (мозга, сердца, почек и др.), систем (пищеварения, кровообращения, дыхания и др.).

Сравнительная физиология посвящена изучению сходства и различия каких-либо функций у разных представителей животного мира с целью выявления причин и общих закономерностей изменения функций или появления новых. Особое внимание при этом уделяется выяснению механизмов качественных и количественных изменений физиологических процессов, появившихся в течение видового и индивидуального развития живых существ.

Эволюционная физиология объединяет исследования общебиологических закономерностей и механизмов появления, развития и становления физиологических функций у человека и животных в онто- и филогенезе.

Специальная (прикладная) физиология изучает закономерности изменения функций организма в связи с его специфической деятельностью, практическими задачами или конкретными условиями обитания. В практическом отношении существенное значение имеет физиология сельскохозяйственных животных.

5. Организм как саморегулирующаяся система

Различают три уровня саморегуляции организма:

1. Низший – определяет постоянство основных физиологических констант и обладает известной автономностью управления.

2. Средний – осуществляет приспособительные реакции в связи с изменением внутренней среды организма.

3. Высший – обеспечивает по сигналам внешнего мира изменение вегетативных функций и поведение организма.

Эндокринная система каждая железа вырабатывает целый набор различных гормональных веществ, эффективность и соотношение которых может меняться в зависимости изменений как внешних, так и внутренних условий среды. Структурно–функциональный подход к анализу клеточной физиологии позволил выявить многообразие клеточных структур и функций, которые лежат в основе жизнедеятельности клетки, тканей, органов и в конечном итоге организма в целом, определяя его состояние гомеостаза или возникновение и развитие патологии. Можно говорить о многообразии взаимоотношений, различных тканевых функций, например, о влиянии лимфоидной ткани на костномозговое кровообращение и, наоборот, о влиянии кроветворной ткани на специфические реакции иммунной системы.

У животных, с наиболее высокой организацией, жизнь не прекращается даже при резких изменениях условий окружающей среды. При этом органы и ткани функционируют примерно одним и тем же способом, без значительного изменения уровня их активности. В организме создается собственная неизменная среда, несмотря на постоянно меняющиеся условия внешней среды. У каждого высокоорганизованного животного имеются 2 фазы: внешняя, в которой находится организм и внутренняя, в которой живут элементы тканей – это плазма, лимфа, межтканевая жидкость.

Основные внешние условия необходимые для жизни – вода, кислород, температура, химические вещества, используются для построения и восполнения, постоянно разрушающихся элементов организма. При изменении внешних условий постоянство обеспечивается уравниванием и компенсацией путем действия сложных физиологических механизмов. Управление этими механизмами осуществляется нервной системой. При повреждении нервной системы гармония может быть нарушена, например – при перерезке спинного мозга у кролика приводит к нарушению терморегуляции. Жизнь животного несмотря на довольно частые неблагоприятные воздействия на организм различных вредных факторов остается здоровым. Живые существа представляют собой открытую систему, имеющие множество связей с окружающей средой (рис.1). Эти связи осуществляются через посредство дыхательного и пищеварительного трактов, поверхностных кожных рецепторов нервно–мышечных органов и кожных рычагов. Изменения в окружающей среде прямо или косвенно воздействует на указанные системы, вызывая в них соответствующие реакции. Между кровью и тканями находятся т.н.

гемолитические барьеры. Они состоят из эндотелия капилляров, базальной мембраны, соединительной ткани, клеточных липопротеидных мембран.

6. Принципы регуляции физиологических функций (нервный и гуморальный)

Механизм — способ регулирования процесса или функции. В физиологии принято рассматривать механизмы регуляции: местный (например, растяжение сосудов при повышении артериального давления), гуморальный (влияние на функции и процессы гормонов или гуморальных агентов), нервный (усиление или ослабление процессов при возбуждении или торможении импульсации в нервах), центральный (командные посылки из центральной нервной системы).

Под регуляцией понимают минимизацию отклонения функций либо их изменение с целью обеспечения деятельности органов и систем.

Реакцией называют изменения (усиление или ослабление) деятельности организма или его составляющих в ответ на раздражение (внутреннее или внешнее). Реакции могут быть простые (например, сокращение мышцы, выделение секрета железой) или сложные (пищедобывание). Они могут быть пассивными, возникающими в результате внешних механических усилий, либо активными в виде целенаправленного действия, осуществляемого в результате нервных или гуморальных влияний, или под контролем сознания и воли.

Секрет — специфический продукт жизнедеятельности клетки, выполняющий определенную функцию и выделяющийся на поверхность эпителия или во внутреннюю среду организма. Процесс выработки и выделения секрета называется секрецией. По характеру секрет делят на белковый (серозный), слизистый (мукоидный), смешанный и липидный.

Раздражение — воздействие на живую ткань внешних или внутренних раздражителей. Чем сильнее раздражение, тем сильнее (до определенного предела) и ответная реакция ткани; чем длиннее раздражение, тем сильнее (до определенного предела) и ответная реакция ткани.

Раздражитель — факторы внешней и внутренней среды или их изменения, которые оказывают на органы и ткани влияния, выражающиеся в изменении активности последних. В соответствии с физической природой воздействия раздражители делят на механические, электрические, химические, температурные, звуковые и т.д. Раздражитель может быть по величине пороговым, т.е. оказывающим минимальное эффективное воздействие; максимальным, предъявление которого вызывает эффекты, не изменяющиеся при усилении

раздражителя; сверхсильным, действие которого может оказывать повреждающий и болевой эффект, или приводить к неадекватным ощущениям.

Рефлекторная реакция — ответное действие или процесс в организме (системе, органе, ткани, клетке), вызванные рефлексом.

Лекция 2: «ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ»

Вопросы:

1. Понятие о системе крови.
2. Основные функции крови.
3. Плазма и сыворотка крови.
4. Белки крови, характеристика и функциональное значение.
5. Физико–химические свойства крови (вязкость, плотность, реакция, осмотическое и онкотическое давление).
6. Форменные элементы крови.
7. Свертывающая и противосвертывающая система крови.

1. Понятие о системе крови

Кровь состоит из плазмы и клеток (форменных элементов) — эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, находящихся во взвешенном состоянии. Поскольку плазма и клеточные элементы имеют разобщенные источники регенерации, кровь часто выделяют в самостоятельный вид ткани.

В систему крови входит:

1. Кровь – циркулирующая по сосудам.
2. Органы в которых происходит образование и разрушение клеток крови: костный мозг, селезенка, печень, лимфатические узлы).

Относительное постоянство внутренней среды организма обеспечивает кровь, тканевая жидкость и лимфа, т.е. участвуют в поддержании гомеостаза.

2. Основные функции крови

– Интегративная – кровь является внутренней средой организма, которая объединяет все клетки, органы и системы организма

– Транспортная – кровь переносит питательные вещества, продукты метаболизма, газы, регуляторные вещества; с током крови переносятся клетки.

– Гомеостатическая – в крови существуют собственные системы, обеспечивающие поддержание постоянства внутренней среды организма: система свертывания крови, которая

предупреждает кровопотерю при повреждении сосудов, буферные системы, которые поддерживают постоянство рН крови.

– Защитная – в крови существуют механизмы, обеспечивающие нейтрализацию проникших в организм чужеродных веществ и клеток

3. Плазма и сыворотка крови

Плазма – полупрозрачная жидкость желтоватого цвета с вязкостью 1,7–2,2, относительной плотностью 1,030–1,035. Содержит в среднем 91% воды и 9% сухого вещества, в том числе 8% органических (белки, небелковые азотистые основания, глюкоза, липиды, витамины).

Неорганические вещества – минеральные соли – катионы Na, K, Mg, анионы Cl, H₂PO₃, HPO₄, HCO₃. Общее содержание белков 6,8–7,8% объема плазмы: основные – альбумин 2,9–3,4%, глобулин 3,8–4,3%, фибриноген 0,1%.

Сыворотка. Если кровь взять в пробирку без добавления антикоагулянтов – (гепарин, щавелевокислый аммоний, лимоннокислый натрий, ЭДТА – натриевая соль), то через некоторое время происходит ее свертывание – образование сгустка и фибрина и форменных элементов, и прозрачной жидкости – сыворотки. Когда из крови механическим путем удаляется фибрин (в широкодонной колбе помещают кровь без антикоагулянта со стеклянными бусинками). Он собирается в виде волокнистых нитей на бусинках. Фильтрат крови без фибрина и есть дефибринированная кровь.

4. Белки крови, характеристика и функциональное значение

В крови содержится более 100 различных белков. В плазме и сыворотке в основном представлены альбуминами и глобулинами.

Белки крови синтезируются в печени, часть γ -глобулинов образуется в лимфатических органах и плазматических клетках.

Функции белков крови:

1. Обеспечивают оптимальную вязкость крови – это необходимо для нормального кровообращения и артериального давления.
2. Способствуют поддержанию коллоидно–осмотического давления – онкотического плазма, удерживая воду в кровяном русле, т.е. участвует в водном балансе организма.
3. Являются резервом для построения тканевых белков.
4. Переносчики БАВ – гормонов, витаминов, пигментов, метаболитов, микроэлементов.
5. Участвуют в регуляции кислотно–щелочного равновесия.

6. Участвуют в транспортировке кровью липидов и липоидов, т.к. входят в состав липопротеинов.

7. Сверывание крови – фибриноген.

8. Факторы специфического и неспецифического иммунитета (γ -глобулин).

Альбумины растворимы в воде. Используются как энергетический и пластический материал и резервный белок. Транспортные белки регулируют водный обмен, концентрации Mg +Ca. Они наиболее дисперсные вещества в основном обуславливают коллоидно-осмотическое давление плазмы.

Глобулины – γ -глобулины до 80–90% –находятся антитела. Альбумины и глобулины синтезируются в печени, их распад постепенно пополняется. Вследствие этого устанавливается определенное динамическое равновесие (белковый гомеостаз).

Отношение альбуминов к глобулинам называется белковым коэффициентом. Снижение содержания общего белка – гипопроотеанемия наблюдается при длительном недокорме животных и при несбалансированности рационов.

Повышение общего белка – гиперпротеинемия – при белковом перекорме животных.

5. Физико–химические свойства крови (вязкость, плотность, реакция, осмотическое и онкотическое давление)

Вязкость обусловлена наличием эритроцитов и белков. Она увеличивается при больших потерях крови (поносы, обильное потение), при возрастании количества эритроцитов.

В жидкой части крови растворены минеральные вещества. У млекопитающих их концентрация составляет около 0,9%. Они находятся в виде катионов и анионов. От содержания этих веществ зависит в основном осмотическое давление крови.

Осмотическое давление – это сила вызывающая движение растворителя через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный. Клетки ткани и клетки самой крови окружены полупроницаемыми оболочками, через которые легко проходит вода и почти не проходят растворенные вещества.

Осмотическое давление крови держится на относительно постоянном уровне за счет функционирования регулирующих механизмов.

В стенках кровеносных сосудов, в тканях, в отделе промежуточного мозга имеются специальные рецепторы, реагирующие на изменение осмотического давления – осморцепторы.

Раздражение осморцепторов вызывает рефлекторное изменение деятельности выделительных органов, и они удаляют избыток воды или солей, поступивших в кровь.

Онкотическое давление препятствует чрезмерному переходу воды из крови в ткани и способствует реабсорбции ее из тканевых пространств, поэтому при уменьшении количества белков в плазме крови развиваются отеки тканей.

Для нейтрализации кислых и щелочных продуктов обмена веществ, поступающих в кровь, существуют буферные системы, поддерживающие постоянство рН крови (7,35–7,45).

Общий запас всех щелочных солей слабых кислот, которые нейтрализуют поступающие в кровь кислые продукты, объединяют в щелочной резерв крови. Устойчивый сдвиг реакции в кислую сторону – ацидоз – в щелочную – алкалоз.

Величина щелочного резерва зависит от вида животных, возраста, характера питания, физиологического состояния. Она ниже у молодняка, при интенсивной работе.

Мощность буферных систем неодинакова у различных видов животных. Она велика у животных, биологически приспособленных к напряженной мышечной работе (лошади).

В ходе обмена веществ образуется больше кислых продуктов, буферные системы более устойчивы по отношению к поступлению кислот, чем щелочей.

6. Форменные элементы крови

– Эритроциты имеют форму двояковогнутых дисков диаметром 7,5 мкм. Такая форма эритроцита увеличивает площадь его поверхности, что ускоряет диффузию газов через мембрану эритроцита.

– Эритроциты не имеют ядра. Эритроциты более чем на 90% состоят из воды и гемоглобина

– Эритроциты эластичны и легко деформируются. Это свойство позволяет эритроцитам проходить через узкие капилляры.

– Количество эритроцитов в крови – 5,4 10¹²/л. Эритроциты составляют 45 % общего объема крови. Этот показатель называют гематокрит.

– Функции эритроцитов – транспорт кислорода и углекислого газа.

– Образование эритроцитов происходит в красном костном мозге. Эритропоэз – процесс образования эритроцитов, который протекает в красном костном мозге. Время жизни эритроцита – 120 дней. Эритропоэз стимулируется гормоном эритропоэтином, который синтезируется в почках и печени.

Строение гемоглобина.

Молекула гемоглобина состоит из 4 белковых цепей (2 α -цепи и 2 β -цепи). Каждая белковая цепь содержит гемоглобин. Гемоглобин – это порфириновое кольцо, в центре которого находится ион Fe^{++} . Каждый атом железа может присоединить одну молекулу кислорода, поэтому молекула гемоглобина присоединяет 4 молекулы кислорода. Молекулы углекислого газа присоединяются к свободным аминогруппам основных кислот гемоглобина, поэтому молекула гемоглобина может связать несколько десятков молекул углекислого газа. Молекулярная масса гемоглобина – 64500. Содержание гемоглобина в крови – 130–150 г/л.

– Лейкоциты – округлые клетки диаметром 10–20 мкм.

– Лейкоциты способны к амебоидному движению, благодаря чему могут мигрировать из крови в ткани. Лейкоциты способны окружать инородные тела и захватывать их в цитоплазму (фагоцитоз).

– Количество лейкоцитов колеблется в норме от $4 \cdot 10^9$ /л до $10 \cdot 10^9$ /л. Во время инфекции количество лейкоцитов увеличивается (лейкоцитоз). Уменьшение количества лейкоцитов ниже нормы называют лейкопенией.

– Функции лейкоцитов – защита организма от чужеродных белков, патогенных организмов (вирусы, бактерии, паразиты), раковых клеток.

– Образование лимфоцитов происходит в лимфатической системе, гранулоцитов и моноцитов – в красном костном мозге. Время жизни лейкоцита – до нескольких суток.

В зависимости от наличия в цитоплазме гранул, лейкоциты подразделяют на 2 группы – гранулярные лейкоциты (гранулоциты) и агранулярные лейкоциты (агранулоциты). Гранулоциты подразделяются на 3 группы, в зависимости от того, какими красителями окрашиваются их гранулы. Гранулы нейтрофилов окрашиваются нейтральными красителями, гранулы эозинофилов – кислыми, а базофилов – основными красителями.

Процентное соотношение отдельных форм лейкоцитов, определяемое при подсчете их в мазке крови под микроскопом с иммерсионной системой, называется лейкоцитарной формулой (лейкограммой).

Нейтрофилы составляют 50–70 % лейкоцитов. Нейтрофилы могут быстро проникать из капилляров в ткани. Нейтрофилы фагоцитируют бактерии и продукты распада тканей и разрушают их своими лизосомальными ферментами. Гной состоит главным образом из остатков разрушенных нейтрофилов.

Эозинофилы составляют 2–4 % лейкоцитов крови. Эозинофилы могут выделять вещества, которые разрушают мембраны чужеродных клеток.

Базофилы составляют 2–4 % лейкоцитов крови. Цитоплазматические гранулы базофилов содержат гепарин и гистамин. Базофилы усиливают иммунный ответ. Участвуют в развитии аллергических реакций.

Моноциты составляют 4–8 % лейкоцитов крови. Моноциты обладают выраженной способностью к фагоцитозу. Моноциты образуются в костном мозге и выходят в кровь. В крови они находятся 2–3 суток, после чего мигрируют в ткани и дифференцируются в тканевые макрофаги. Моноциты и макрофаги фагоцитируют чужеродные структуры, выделяют в кровоток лейкотриены, интерлейкин–1, интерферон.

Лимфоциты составляют 25–40 % лейкоцитов крови. Лимфоциты созревают в тимусе (Т–лимфоциты) или в красном костном мозге (В– лимфоциты). Т–лимфоциты являются регуляторами иммунного ответа. В–лимфоциты продуцируют антитела во время иммунного ответа.

Тромбоциты представляют собой плоские безъядерные фрагменты клеток неправильной формы длиной 1–4 мкм и толщиной

0,5–0,75 мкм.

–В крови тромбоциты пребывают в неактивном состоянии. Будучи активированы, они секретируют ряд биоактивных веществ.

–Количество тромбоцитов в крови составляет 150–300 10⁹/л в 1мкл.

–Функции тромбоцитов – участвуют в механизмах гемостаза

–Образование тромбоцитов осуществляется в красном костном мозге. Стволовая клетка крови дифференцируется в гигантскую клетку – мегакариоцит. При действии гормона тромбопоэтина, мегакариоцит отщепляет до 1000 фрагментов цитоплазмы – тромбоцитов. Тромбоциты циркулируют в крови 5–11 суток, а затем разрушаются.

7. Свертывающая и противосвертывающая система крови

Гемостаз – процесс остановки кровотечения при повреждении стенки сосуда.

Гемостаз протекает в 3 этапа:

- Сосудисто–тромбоцитарный механизм
- Коагуляционный механизм
- Ретракция тромба

Сосудисто–тромбоцитарный механизм активируется в течение первой минуты после повреждения сосуда. В области повреждения сосуда скапливаются тромбоциты, которые образуют тромбоцитарную пробку, закрывающую просвет сосуда. Тромбоциты секретируют

вещества, вызывающие спазм сосуда. Этот механизм эффективно останавливает кровотечение только в мелких сосудах: капиллярах, артериолах, венах.

Коагуляционный механизм активируется в течение нескольких минут после повреждения сосуда. Процесс коагуляции состоит в том, что жидкая плазма крови превращается в плотный гель на основе белка фибрина. Коагуляция происходит вследствие образования нерастворимого белка фибрина из его растворимого предшественника – фибриногена. Образовавшийся гелевый сгусток усиливает тромбоцитарную пробку.

Ретракция тромба – сжатие сгустка за счет волокон фибрина и тромбоцитарного тромбостенина. За счет ретракции происходит уплотнение сгустка и стягивание краев раны.

Сосудисто–тромбоцитарный механизм гемостаза.

Адгезия тромбоцитов – тромбоциты скапливаются у поврежденного участка сосуда и прилипают к эндотелию по краям раны.

Существуют 2 механизма адгезии тромбоцитов:

1) Поверхность мембраны поврежденного эндотелия приобретает положительный заряд. Поэтому к ней прилипают тромбоциты, наружная поверхность которых заряжена отрицательно.

2) Повреждение сосуда приводит к образованию свободного фактора Виллебранда (в норме он ассоциирован с фактором VIII). Фактор Виллебранда образует мостики между субэндотелиальными структурами и белками поверхности тромбоцита.

Активация тромбоцитов. Адгезия тромбоцитов приводит к их активации. Активированные тромбоциты секретируют серотонин, катехоламины, АДФ. Серотонин оказывает сосудосуживающее действие.

Обратимая агрегация тромбоцитов. Под влиянием АДФ тромбоциты скучиваются и образуют рыхлую тромбоцитарную пробку, проницаемую для плазмы крови.

Необратимая агрегация тромбоцитов. Образующийся к этому времени в плазме крови тромбин действует на рецепторы тромбоцитов и приводит к их разрушению и слиянию в плотную массу. Образовавшаяся тромбоцитарная пробка непроницаема для плазмы крови.

Коагуляционный механизм гемостаза.

Процесс образования нерастворимого фибрина представляет собой каскад реакций, который завершается образованием фибрина. Конечные реакции этого каскада называются «общий путь коагуляции». Началом «общего пути» является образование активатора протромбина. Образование активатора протромбина может инициироваться под действием белков плазмы крови («внутренний путь активации коагуляции») или под действием белков поврежденной ткани («внутренний путь активации коагуляции»).

Вещества, участвующие в свертывании крови, называют факторами свертывания. Различают факторы свертывания, присутствующие в плазме крови (факторы I – XIII) и факторы свертывания, выделяемые тромбоцитами (факторы 1 – 12).

Внутренний путь активации свертывания крови:

- на поврежденном участке стенки сосуда обнажаются коллагеновые волокна
- неактивный фактор XII соприкасаясь с коллагеновыми волокнами, активируется и превращается в активированный фактор XIIa.

- Фактор XIIa активирует фактор XI.

- Фактор XIa в присутствии ионов $+Ca$ активирует фактор IX.

- Фактор IXa образует комплекс с ионами $+Ca$ и тромбоцитарным фактором 3.

- Образовавшийся комплекс в присутствии активированного фактора VIIa производит активацию фактора X. Активированный фактор Xa взаимодействует с фактором Va. и Ca^{+} и образует комплекс, который является активатором протромбина (протромбиназы).

- Примечание: активация фактора VIII и фактора V осуществляется тромбином.

Внешний путь активации свертывания крови.

- поврежденные клетки тканей вокруг сосуда выделяют тканевый тромбопластин, который через поврежденную стенку сосуда попадает в кровь

- тканевый тромбопластин, соединяясь с факторами плазмы и тромбоцитов, приводит к образованию активатора протромбина.

- протромбиназа катализирует превращение профермента протромбина в активный фермент тромбин.

Общий путь активации свертывания крови.

- под действием протромбиназы протромбин превращается в тромбин

- фермент тромбин расщепляет фибриноген с образованием фибрина и активирует фактор XIII.

- молекулы мономерного растворимого фибрина под действием электростатических сил выстраиваются параллельно друг другу

- под действием активированного фактора XIII происходит полимеризация молекул фибрина и образуется нерастворимый полимерный фибриноген.

- В образовавшейся фибриновой сети остались эритроциты, которые еще более увеличивают плотность сгустка. При участии тромбоцитов происходит ретракция сгустка – уплотнение сгустка и выдавливание из него плазмы. Оставшиеся в фибриновой сети эритроциты дополнительно увеличивают плотность сгустка.

Противосвертывающая система крови

При действии активаторов пламиноген плазмы крови превращается в активный плазмин. Плазмин производит ферментативный гидролиз фибрина, а образовавшиеся фрагменты ингибируют активность тромбина.

Ингибиторы протеиназ подавляют активность фибринообразующих ферментов – антитромбин 3, CRP, с1–ингибитор.

Кровь обладает текучестью, зависящей от уровня гематокрита, содержания в плазме белков и других факторов. Основная роль принадлежит системе РАСК (регуляции агрегатного состояния крови) (рис. 29). В интактном организме текучесть крови максимальная, что способствует оптимальному кровообращению. При травме кровь должна свертываться. Это — гемостаз. В основе гемостаза лежат сложнейшие механизмы, в которых принимают участие многочисленные факторы свертывающей, противосвертывающей и фибринолитической систем.

Первые шаги по пути раскрытия механизмов свертывания крови сделал более 100 лет тому назад дерптский физиолог А. А. Шмидт. Он обнаружил некоторые факторы свертывания, признал ферментативную природу реакций и их фазность.

В ответ на повреждение сосуда разворачиваются два последовательных процесса — сосудисто–тромбоцитарный гемостаз и коагуляционный гемостаз.

Лекция 3: «ФИЗИОЛОГИЯ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ»

Вопросы:

1. Первичные и вторичные лимфоидные органы.
2. Участие Т– и В–лимфоцитов в клеточном и гуморальном иммунитете.
3. Неспецифические факторы защиты организма.
4. Использование достижений иммунологии в животноводстве и ветеринарии.

1. Первичные и вторичные лимфоидные органы

Иммунитет – это способ защиты организма от живых тел и веществ, несущих на себе признаки чужеродной генетической информации.

Система организма, выполняющая эту функцию, называется иммунной системой.

Она представлена всеми видами лейкоцитов: лимфоцитами, моноцитами, макрофагами, нейтрофилами, базофилами, эозинофилами, а также органами в которых происходит развитие лейкоцитов: костный мозг, тимус, селезенка, лимфоузлы.

Различают следующие виды иммунитета:

1. Неспецифический – направленный против любого чужеродного вещества (антигена). Он проявляется в виде:

а. Гумарального – за счет продукции бактерицидных веществ.

б. Клеточного – в результате которого осуществляется фагоцитоз и цитотоксический эффект.

2. Специфический – направленный против определенного чужеродного вещества. Специфический также реализуется в 2 формах:

а. Гумаральный – продукция антител В–лимфоцитами и плазматическими клетками.

б. Клеточный – который реализуется главным образом с участием Т–лимфоцитов.

Специфический иммунитет – врожденный и приобретенный, который в свою очередь бывает активным и пассивным. Специфический иммунитет осуществляется Т и В–лимфоцитами.

2. Участие Т– и В–лимфоцитов в клеточном и гуморальном иммунитете

Базофилы, тучные клетки. Базофилы открыты в 1877 г. П. Эрлихом. Различают два вида базофилов: циркулирующие в периферической крови — гранулоциты–базофилы, и локализованные в тканях — тканевые базофилы, или тучные клетки. В связи с выделением различных форм базофилов и выявлением в них разнообразных биологически активных веществ, существуют различные названия базофилов (синонимы) — лаброцит, гепариноцит, гистаминоцит. Базофилы выполняют 6 основных функций:

1) очищение среды от биологически активных веществ путем их поглощения;

2) синтез и выделение в среду БАВ–регуляторов физиологических процессов, в том числе в условиях «покоя» базофилы продуцируют гепарин, гистамин, серотонин, эозинофильный хемотаксический фактор анафилаксии, а при сенсibilизации базофила он продуцирует дополнительно такие факторы как медленно реагирующая субстанция анафилаксии, простагландины, фактор активации тромбоцитов, нейтрофильный хемотаксический фактор анафилаксии; при локальном выделении этих субстанций возникает аллергическое воспаление, а при выделении в общий кровоток возникает анафилактический шок, обусловленный резким снижением системного артериального давления;

3) регуляция микроциркуляции (локального кровотока) за счет выделения БАВ;

4) регуляция проницаемости капилляров за счет ее активации гистамином и серотонином и снижения проницаемости при выделении гепарина;

5) активация процесса пролиферации клеток тканей;

6) участие в механизмах иммунных реакций, в том числе в реакциях клеточного иммунитета совместно с макрофагами и нейтрофилами–фагоцитами.

Базофилы продуцируют хемотаксические факторы: эозинофильный, нейтрофильный, которые способствуют привлечению к месту накопления базофилов на «помощь» соответственно эозинофилов и нейтрофилов.

Эозинофилы. В периферической крови на долю эозинофилов приходится 0—5% от всех лейкоцитов. Эозинофилия — повышение содержания этих форм выше 5%, эозинопения — снижение до 0%. Эозинофилы содержат гранулы, которые способны флюоресцировать.

Эозинофилы выполняют три основных функции:

- 1) Противоглистный иммунитет, или цитотоксический эффект.
- 2) Предупреждение проникновения антигена в сосудистое русло.
- 3) Уменьшение реакций ГНТ (гиперчувствительности немедленного типа).

Рассмотрим подробнее эти функции.

Противоглистный иммунитет состоит в следующем: в ответ на инвазию личинки в организм человека продуцируются иммуноглобулины IgE. Эти глобулины взаимодействуют с соответствующими рецепторами на поверхности эозинофилов и тем самым активируют эозинофилы, в результате чего эозинофилы вступают в контакт с личинкой, при этом происходит дегрануляция — выход из эозинофилов и отложение на поверхности личинки пероксидазы и большого основного белка, что вызывает повреждение личинки, ее лизис (цитотоксический эффект).

Согласно современным данным макрофаги и моноциты выполняют 8 основных функций.

1) Секреторная функция: продуцируются лизоцим, активные формы кислорода (супероксидный анион, пероксид водорода, синглетный кислород, свободный гидроксил), интерфероны, компоненты комплемента, пропердин — одно из бактерицидных веществ, интерлейкин-I, простагландины и многие белки-регуляторы.

2) Фагоцитоз. Он осуществляется, как и у нейтрофилов за счет ферментов лизосом и активных радикалов кислорода. Различают два вида фагоцитоза моноцитов и макрофагов: а) без участия антител и комплемента, б) с обязательным участием антител и комплемента — с механизмом облегчения, или опсонизации. Когда в организме возникает очаг воспаления, то в нем появляются факторы, повышающие моноцитопоз и миграцию моноцитов в этот очаг воспаления. Здесь в очаге пришедший моноцит дифференцируется в макрофаг, активируется антителами и комплементом и осуществляет фагоцитоз.

3) Цитотоксическая функция — повреждение клеток-мишеней, в роли которых выступают опухолевые клетки, поврежденные и состарившиеся эритроциты. Благодаря этой функции макрофаги осуществляют противоопухолевый, противопаразитарный, противомикробный и противовирусный иммунитет. Цитотоксический эффект может осуществляться

при непосредственном контакте макрофага с чужеродной клеткой или на расстоянии: в том и другом случае механизм цитолиза состоит в повреждении мембраны чужеродной клетки продуктами активации кислорода, что вызывает вход в клетку осмотически активных ионов — натрия, калия, осмотический шок и разрыв мембраны клетки.

К сожалению, иногда макрофаги атакуют «невинные» клетки — клетки здорового организма, в результате чего возникает нежелательная реакция гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ).

4) Участие в процессах резорбции тканей, например, в процессах инволюции желтого тела яичников, послеродовой матки, молочных желез после лактации.

5) Стимуляция пролиферативных процессов, в частности пролиферации гладкомышечных клеток в сосудах.

6) Продукция факторов, усиливающих гемокоагуляцию — тромбоксанов, тромбопластинов, продукция факторов, усиливающих фибринолиз — активатора плазминогена.

7) Участие в регуляции углеводного (за счет поглощения инсулина) и липидного (захват липопротеинов низкой плотности, несущих холестерин к тканям) обменов.

8) Участие в механизмах специфического иммунитета — в процессах кооперации Т- и В-лимфоцитов. Эта функция, установленная сравнительно недавно, заключается в следующем: макрофаг захватывает, расщепляет и перерабатывает антиген и представляет антигеновую информацию Т- и В-лимфоцитам. Этот процесс носит название презентации антигена. Кроме того, макрофаги вырабатывают монокины, которые могут усиливать или, наоборот, тормозить иммунный ответ со стороны Т- и В-лимфоцитов (интерлейкины-1).

Таким образом, макрофаги выполняют не только роль клеточного неспецифического иммунитета, но и участвуют в реализации специфического иммунитета.

3. Неспецифические факторы защиты организма

Неспецифический иммунитет по своему происхождению является врожденным и осуществляется с участием нейтрофилов, моноцитов, макрофагов, эозинофилов, базофилов.

Неспецифический иммунитет – удаление любых чужеродных в генетическом отношении тел, частиц осуществляет гуморальными и клеточными механизмами.

Гуморальные механизмы представлены такими факторами, как фибронектин, лизоцим, интерферон, система комплемента.

Фибронектин – белок, который способен присоединяться к чужеродным частицам, клеткам, микроорганизмам, в результате чего облегчается последующий этап инактивации

этих чужеродных тел – фагоцитоз. Продуцируется макрофагами, эндотелием, астроглией, энтероцитами, гепатоцитами, обладает высоким сродством к фибрину, актину, гепарину.

Лизоцим – фермент продуцируется нейтрофилами и макрофагами. Он разрушает мембраны бактерий, способствует их лизису. Содержится в крови и слюне. Определение активности лизацима является одним из способов оценки состояния неспецифического иммунитета.

Интерфероны – белки, продуцируемые нейтрофилами и моноцитами, тормозят синтез белка в клетках, содержащих вирусы, блокируют размножение вирусов. Используются в клинической практике как лекарственное средство при лечении некоторых вирусных заболеваний и злокачественных образований.

Комплемент – это система или комплекс, состоящий примерно из 20 белков, которые относятся к глобулинам плазмы. Все компоненты комплемента продуцируются макрофагами.

Цитотоксический эффект – киллинг – открыт в 1968г. Суть – нейтрофилы в присутствии иммуноглобулинов и при наличии комплемента подходят к клетке–мишени, но не фагоцитируют ее, а повреждают на расстоянии. За счет выделения активных форм кислорода.

Обычно компоненты находятся в неактивном состоянии. Активация осуществляется 2 путями:

1) За счет контакта компонентов с любым чужеродным телом (клеткой), альтернативный путь активации.

2) За счет контакта с комплексом «антиген–антитело» – классический путь активации комплемента.

Связывание компонентов комплемента с клетками крови осуществляется за счет наличия на этих клетках специфических рецепторов.

Известны 4 основные функции комплемента:

1. Цитолиз – уничтожение чужеродных антигенов клеточного типа.
2. Опсонизация – подготовка объектов фагоцитоза к последующему фагоцитозу.
3. Участие в развитии реакции (за счет привлечения в очаг фагоцитов, тучных клеток и выделение из тучных клеток гистамина, серотонина).
4. Участие в модификации иммунных комплексов и их выведение из организма.

Основные функции нейтрофила:

1. Фагоцитоз.
2. Внутриклеточное переваривание.
3. Цитотоксическое действие.

4. Дегрануляция с выделением лизосомальных ферментов.

В основе этих функций лежат свойства нейтрофилов: адгезия или прилипание, агрегация или сгущивание, хемокинез – беспорядочное движение, хемотаксис – направленное движение нейтрофила к объекту фагоцитирования под влиянием хемоаттрактантов – веществ различной природы, которые выделяются чужеродными клетками и тем самым привлекают к этим клеткам нейтрофилы или другие фагоциты.

1 нейтрофил – 30 микробов.

4. Использование достижений иммунологии в животноводстве и ветеринарии

Деятельность иммунной системы направлена на поддержание генетического гомеостаза организма, поэтому стимуляция механизмов специфической и неспецифической защиты способствует:

1. сохранению функциональной целостности организма,
2. повышение устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Активная иммунизация – ею достигается приобретенный активный иммунитет. Способ – вакцинация. Суть ее – парентеральное введение препарата из живых, ослабленных, убитых микроорганизмов. Ответ организма – образуется иммунитет гуморального или клеточного типа специфический к денному возбудителю. Массовая вакцинация – в обязательном порядке против особо опасных инфекций.

Синтетические вакцины против вирусных болезней животных. Они состоят из коротких полипептидов, соответствующих антигенным детерминантам вирусов.

Пассивная иммунизация – осуществляется путем введения животному специфических антибактериальных, антитоксических и антивирусных сывороток, содержащих готовые антитела.

Колостральный иммунитет – от лат. Colostrum – молозиво – возникает у новорожденных за счет иммуноглобулинов матери, передаваемых через молозиво. Молекулы этих белков не разрушаются в ЖКТ, т.к. протеолитическая активность пищеварительных соков ингибируется специфическим ферментом, содержащимся в молозиве. Интенсивность всасывания иммуноглобулинов снижается со времени сразу после рождения – 50%, после 20ч – 15%. Концентрация в молозиве тоже изменяется: через 3–5ч после отела в 1,5 раза; через 12ч – в 3 раза; через 3сут – в 5 раз; через 5сут – в 10 раз в сравнении с молозивом первого удоя.

Иммунитет непродолжителен (10–14 дн.). Уровень глобулинов снижается.

Полноценный иммунный ответ, характерный для взрослых животных, формируется у поросят и телят примерно к 2–3месячному возрасту.

Иммунные процессы и воспроизводство.

Установлено, что спермии и семенная плазма обладают сильным антигенным действием и способны вызывать образование спермоагглютининов в половом аппарате самки и плазме крови. Это в свою очередь может стать причиной расстройства половой функции (снижение оплодотворяемости, эмбриональная смертность, нарушение цикличности половой функции). Вынашиваемый плод в антигенном отношении чужероден для матери. Это гомотрансплантат. Может быть иммунологический конфликт между плодом и матерью при нарушении механизмов взаимозащиты.

Использование достижений иммунологии в животноводстве и ветеринарии.

Деятельность иммунной системы направлена на поддержание генетического гомеостаза организма, поэтому стимуляция механизмов специфической и неспецифической защиты способствует: а) сохранению функциональной целостности организма, б) повышению устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Органы иммунной системы. Под иммунной системой в узком значении слова обычно понимаются механизмы защиты от чужеродного в генетическом отношении вещества, которые реализуются с участием лимфоцитов.

Фазы иммунного ответа. Различают три фазы иммунного ответа:

- 1) афферентная фаза — распознавание антигена и активация иммунокомпетентных клеток;
- 2) центральная фаза — вовлечение в процесс клеток предшественниц, пролиферация, дифференциация, в том числе в клетки памяти и клетки-эффекторы;
- 3) эффекторная фаза — разрушение, элиминация антигена из организма либо гуморальным путем за счет реакции антитело + антиген, либо клеточным — цитотоксическая реакция.

Антигены. Это одно из основных понятий в иммунологии. К антигенам относятся: белки, полисахариды, липополисахариды, нуклеиновые кислоты как в очищенном виде, так и в виде структурных компонентов различных биологических структур (клеток, тканей, вирусов). Обычно это молекулы с большой массой. На поверхности молекулы сложного антигена имеются функциональные группы, которые определяют особенность и специфичность данного вещества. Они получили название антигенных детерминант. Число детерминант на поверхности молекулы определяет валентность антигена.

Судьба антигенов. Существуют различные способы «нейтрализации», или элиминации антигена. В процессе эволюции были отобраны наиболее надежные и адекватные для каждого антигена способы. Можно выделить как минимум шесть таких способов.

1. Нейтрализация, или детоксикация антигена, за счет связывания его антителом.
2. Опсонизация — связывание антигена антителом, образование единого комплекса, который захватывается макрофагом и в последующем фагоцитируется им.
3. Контактный лизис, или цитотоксичность — этот способ ценен в отношении чужеродных клеток.
4. Реакция связывания комплемента, или комплементзависимый цитолиз, когда клетка–антиген уничтожается путем цитотоксического эффекта, но предварительно на клетку–антиген «садится» комплемент, облегчающий киллинг.
5. Воспалительная реакция: вокруг чужеродного антигена клетки собираются фагоциты и пожирают его.
6. Элиминация циркулирующих комплексов «антиген– антитело» через почки, кишечник, печень.

Антитела. Они выполняют в организме две основные функции. Первая — распознавание и специфическое связывание соответствующих антигенов, вторая — эффекторная: антитело индуцирует физиологические процессы, направленные на уничтожение антигена, — лизис чужеродных клеток через активацию системы комплемента, стимуляцию специализированных иммунокомпетентных клеток, выделение физиологически активных веществ и т.п. По своей химической природе все антитела относятся к гликопротеидам. Белки, составляющие основу антител, относятся к глобулинам. В составе антитела имеются константные области и переменные. Переменная область имеет абсолютную специфичность, благодаря которой антитело способно узнать соответствующий антиген. Все антитела можно разделить на пять больших классов — IgG, IgM, IgA, IgD, IgE

Механизм действия антител. Антитела распознают антиген и связываются с ним. Если антиген — это корпускулярная частица (клетка), то антитело совместно с комплементом образует отверстие в мембране клетки–мишени, в результате чего открывается доступ внутрь клетки ферментов сыворотки или лизосомальных ферментов, и это в конечном итоге приводит к гибели клетки. Если антиген является растворимым, то под влиянием антитела он осаждается, становится нерастворимым. Для корпускулярных частиц существует еще один способ их элиминации — в результате присоединения антител антигены склеиваются между собой (агглютинируют) и выпадают в осадок.

Антиген и антитело. Понятие об иммунном ответе.

Антиген — это чужеродное для организма вещество (белок, полисахариды), которое при попадании в организм индуцирует образование антител.

Антитело — это специфический белок, который вырабатывается в организме в ответ на внедрение антигена. Антитела называют иммуноглобулинами, т.к. они относятся к —

глобулиновой фракции белков крови. Существует несколько видов антител (иммуноглобулинов) – IgA, IgD, IgE, IgG, IgM. Молекула иммуноглобулина G представляет собой Y-образный белок на концах 2 коротких цепей антитела имеются участки, которые обладают способностью связываться с участками молекулы антигена. Антитела обладают специфичностью – они могут связываться только с молекулами того антигена, который вызвал их образование.

Иммунный ответ – процесс образования специфических антител в ответ на внедрение в организм антигена. Каждый В-лимфоцит несет на своей поверхности определенный тип заякоренных в мембране антител. Каждый В-лимфоцит несет антитела только к одному антигену. Таким образом, каждый В-лимфоцит иммунной системы уникален.

Молекулы антигена, попавшие в кровь, сталкиваются с В-лимфоцитом, на котором есть антитела к данному антигену. Антиген связывается с антителами на поверхности В-лимфоцита.

Это приводит к активации В-лимфоцита: В-лимфоцит превращается в плазматическую клетку и начинает продуцировать соответствующие антитела.

Образующиеся антитела секретируются в кровь и связывают молекулы антигена. Образовавшиеся комплексы антиген-антитело поглощаются фагоцитирующими клетками и разрушаются.

Агглютинины, агглютиногены, агглютинация эритроцитов.

На мембране эритроцитов иммобилизованы специфические гликолипиды, которые обладают антигенными свойствами. Эти вещества называются агглютиногенами.

В плазме крови присутствуют специфические антитела к каждому агглютиногену. Эти антитела называют агглютинидами. Всего известно около 300 агглютининов.

Агглютинация эритроцитов – процесс склеивания эритроцитов. Агглютинация происходит благодаря тому, что к 1 агглютиногену может присоединиться 2 агглютинина, расположенных на разных эритроцитах.

Лекция 4: «ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»

Вопросы:

1. Значение кровообращения для организма.
2. Фазы работы сердца.
3. Сердечный толчок, тоны сердца, систолический и минутный объем крови, биоэлектрические явления в сердце.

4. Свойства сердечной мышцы: возбудимость, проводимость, сократимость, рефракторность, автоматия.
5. Проводящая система сердца.
6. Гемодинамика и факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам (артериям, капиллярам, венам).
7. Кровяное давление.
8. Артериальный пульс.
9. Нервно–гуморальная регуляция кровообращения.
10. Нервная и гуморальная регуляция сердечной деятельности.
11. Интракардиальные механизмы и роль рецепторных полей в регуляции работы сердца.

1. Значение кровообращения для организма

В организме позвоночных животных кровь циркулирует по замкнутой системе сосудов и полостей, называемой кровеносной системой, или системой кровообращения.

Центром этой системы, источником энергии, обеспечивающей движение крови в одном направлении, является сердце; периферическим отделом системы служит сеть кровеносных сосудов. Последние подразделяются на артерии, несущие кровь от сердца, и вены, по которым кровь к нему возвращается. Между артериями и венами находится микроциркуляторное русло, включающее артериолы, капилляры, венулы и артериовенозные анастомозы.

При замкнутой системе кровообращения кровь не вступает в непосредственный контакт с клетками. Внутренней средой для клеток является тканевая жидкость, которая обменивается с кровью газами, питательными веществами и метаболитами через стенки капилляров.

Благодаря движению крови осуществляются обмен веществ, питание, дыхание, терморегуляция, выделение и другие функции организма. Прекращается движение крови — прекращается и жизнь.

В целостном организме деятельность сердца и сосудов регулируется центральной нервной системой и гуморальными факторами, что обеспечивает необходимое соответствие между величиной кровотока и потребностью органов и тканей в кислороде и питательных веществах.

У птиц и млекопитающих сердце представляет собой полый мышечный орган, состоящий из четырех камер — двух предсердий и двух желудочков. Левая и правая половины сердца разобщены сплошной перегородкой. В левой половине сердца находится артериальная кровь, в правой — венозная. Правое предсердие сообщается с правым желудочком, левое — с левым желудочком предсердие–желудочковыми

(атриовентрикулярными) отверстиями. При сокращении желудочков отверстия закрываются створчатыми клапанами. Левая половина сердца обеспечивает насосную функцию для циркуляции крови по большому кругу кровообращения, правая для циркуляции по малому кругу. Ни полного, ни частичного смешивания крови в сердце или сосудах при этом не происходит.

При сокращении левого желудочка кровь поступает в аорту. Через артериальную систему она направляется к органам и тканям, проходит микроциркуляторное русло, а затем по венам (передней и задней полым) возвращается в правое предсердие. Путь крови от левого желудочка через капилляры до правого предсердия называется большим (системным) кругом кровообращения.

При сокращении правого желудочка венозная кровь выбрасывается в легочную артерию. По разветвлениям этого сосуда она поступает в капилляры легочных альвеол, где отдает углекислый газ и обогащается кислородом. Артериальная кровь по легочным венам (их бывает 2 или 4) направляется в левое предсердие, а затем в левый желудочек (в данном случае мы имеем дело с исключением). Участок сосудистой системы, по которому кровь движется от правого желудочка до левого предсердия сердца, называется малым (легочным) кругом кровообращения.

Полное разделение кругов кровообращения у млекопитающих и птиц способствует более высокому давлению крови в артериях, увеличению сердечного выброса и скорости кровотока, более интенсивному обмену веществ.

Строение и функции миокарда. Основу сердца составляет сердечная мышца — миокард, построенная из сердечной поперечнополосатой мышечной ткани.

Мышцы сердца имеют ряд структурных особенностей, обусловленных функциями разных отделов сердца и сердца как органа в целом:

- 1) неодинаковая толщина миокарда в разных отделах сердца — в предсердиях она меньше, чем в желудочках, в правом желудочке меньше, чем в левом;
- 2) обособленность мышц предсердий от мышц желудочков;
- 3) существование общих мышечных пластов в обоих предсердиях и в обоих желудочках;
- 4) наличие сфинктеробразных пучков мышечных волокон в области венозных устьев в предсердиях;
- 5) наличие двух морфофункциональных типов мышечных волокон.

Сердечная мышца, как и скелетная мышца, гистологически выглядит как скопление волокон с поперечной исчерченностью и четко выраженным саркомерным строением. Вместе с тем сердечное мышечное волокно — это, скорее, не морфологический, а

функциональный элемент. Оно состоит из цепочки удлинённых мышечных клеток (кардиомиоцитов), соединённых «конец в конец» и заключённых в общую саркоплазматическую мембрану.

Кардиомиоциты контактируют друг с другом посредством так называемых вставочных дисков. В них расположены нексусы, т. е. участки с низким сопротивлением, через которые осуществляется переход возбуждения с одной клетки на другую. Благодаря наличию нексусов, а также анастомозов между соседними мышечными волокнами мышечная ткань предсердий и желудочков ведёт себя как функциональный синцитий.

Различают два типа сердечных мышечных волокон:

- 1) волокна рабочего миокарда предсердий и желудочков, обеспечивающие сократительную функцию;
- 2) волокна проводящей системы, обеспечивающие генерацию, и проведение возбуждения к рабочим волокнам.

Сердечная мышца более упруга, чем скелетная, благодаря наличию большого числа коллагеновых и эластичных волокон, а также густой сети микрососудов. Снаружи миокард прочно сращён с серозной оболочкой — эпикардом. В области отхождения крупных сосудов он продолжается в околосердечную сумку — перикард. В узком щелевидном пространстве между эпикардом и перикардом содержится небольшое количество серозной жидкости, увлажняющей поверхность сердца и облегчающей его сокращение.

Внутренняя оболочка сердца — эндокард — состоит из соединительнотканной основы, покрытой эндотелием. Складки эндотелия, внутри которых находятся соединительная ткань, нервы и сосуды, образуют створчатые (антриовентрикулярные) и полулунные клапаны.

В правом предсердно-желудочном отверстии располагается трехстворчатый клапан, в левом — двухстворчатый. При сокращении предсердий створки клапанов опускаются вниз, свободно пропуская кровь. При сокращении же желудочков они захлопываются; прогибанию их внутрь предсердий препятствуют сухожильные нити, соединяющие края клапанов с сосочковыми мышцами желудочков.

В устьях аорты и лёгочной артерии расположены по три полулунных (кармашковых) клапана, вогнутая поверхность которых обращена в просвет сосудов. Расправляясь под давлением крови со стороны сосудов и прилегая друг к другу, кармашки клапанов обеспечивают полную герметизацию отверстий.

Относительные размеры сердца (в процентах к массе тела) у мелких и крупных животных одного класса примерно одинаковы (у млекопитающих в среднем 0,5—0,6 %), несмотря на различную интенсивность метаболизма и разную потребность в кислороде.

Последняя удовлетворяется не за счет увеличения размеров сердца, а за счет учащения сердечных сокращений.

Вместе с тем при усиленной мышечной нагрузке относительная масса сердца существенно возрастает. Хорошо развито сердце у оленей, лошадей, гончих собак. Как правило, увеличение сердца при регулярной физической нагрузке (тренинге) сопровождается замедлением его сокращений. Так, у быстрого зайца относительная масса сердца в три раза выше, чем у малоподвижного кролика, однако пульс — в три раза медленнее.

По структуре сердечная мышца (рабочий миокард) представляет собой нечто среднее между гладкой и поперечнополосатой скелетной мышцами. Это накладывает отпечаток и на ее функциональные свойства, которые имеют черты сходства и различия с другими мышцами тела животного.

1. Сердечная мышца, как и другие возбудимые ткани, обладает мембранным потенциалом (— 80—90 мВ), отвечает на пороговые стимулы генерацией потенциала действия и способна проводить возбуждение без затухания (декремента).

Однако в отличие от нервов и скелетных мышц, волокна миокарда не обладают свойством изолированного проведения возбуждения. Возбуждение, возникшее в миокарде предсердий или желудочков, охватывает все без исключения рабочие волокна. Вследствие этого сердце подчиняется закону «все или ничего»: оно либо дает максимальную в данных условиях реакцию при любой силе порогового или надпорогового раздражения, либо не дает никакого ответа при подпороговом раздражении.

2. Потенциал действия (ПД) кардиомиоцитов длится 200—400 мс, т. е. более чем в 100 раз превышает соответствующую величину у скелетных мышц и нервов. Это связано с тем, что между фазами быстрой деполяризации и реполяризации мембраны имеется фаза плато, что свойственно только кардиомиоцитам.

Скорость проведения возбуждения в рабочем миокарде составляет 0,8—1,0 м/с, т. е. существенно меньше, чем в скелетной мышце (4,7—5,0 м/с), но больше, чем в гладкой (0,2—0,3 м/с). Длительность ПД и одиночного сокращения сердечной мышцы сближают ее по функциональным свойствам с гладкой мышцей.

3. Возбудимость сердечной мышцы, как и скелетных мышц, не постоянна. Она меняется по ходу возбуждения, когда возникают периоды абсолютной и относительной рефрактерности (невосприимчивости к повторным раздражениям).

Период абсолютной рефрактерности сердечной мышцы занимает все время систолы и часть диастолы желудочков. Такая длительная рефрактерность (связанная с длительным ПД) обеспечивает прерывистый характер возникновения возбуждения и сокращения даже при

непрерывном раздражении. Это делает невозможным возникновение тетануса сердечной мышцы и гарантирует режим одиночных сокращений.

Внеочередное сокращение — экстрасистола предсердий или желудочков — может возникнуть лишь при нанесении сверхпорогового дополнительного раздражения на сердечную мышцу в середине или конце диастолы

После желудочковой экстрасистолы обычно наступает компенсаторная пауза. Это обусловлено тем, что очередной импульс из синусного узла поступает в желудочки в период экстрасистолы, т. е. рефрактерности, и одно сокращение сердца выпадает. Предсердия при желудочковой экстрасистоле не меняют ритма.

4. Сердечная мышца обладает качественно той же зависимостью силы и скорости сокращения от длины и нагрузки, что и скелетная мышца, однако для сердца эта взаимосвязь более важна.

5. Сердечная мышца обладает выраженным свойством менять силу и скорость сокращения, а также скорость расслабления под действием инотропных (усиливающих сокращения) агентов и без изменения исходной длины волокон. Иначе говоря, сердце может увеличивать ритм и ударный объем при постоянном давлении в предсердиях и желудочках, если возрастает частота стимуляции.

Это имеет место при раздражении симпатических нервов, повышении концентрации кальция, действии норадреналина или фармакологических агентов типа наперстянки. Таким образом осуществляется гомеометрическая (при постоянной длине волокон) саморегуляция сердечной деятельности.

6. В кардиомиоцитах имеется тесная взаимосвязь между внутриклеточным депо ионов Ca^{++} (развитой саркоплазматической Т-системой поперечных трубочек, расположенных в области Z-линий) и внеклеточной средой. Сокращение индуцируется входением Ca^{++} в клетки во время ПД. Этот кальциевый ток не только увеличивает длительность ПД и рефрактерного периода, но и пополняет запасы Ca^{++} . Удаление Ca^{++} из внешней среды приводит к нарушению электромеханического сопряжения. ПД не меняется, но мышцы сердца не сокращаются.

7. Энергию, необходимую для выполнения механической работы, сердце получает за счет окисления питательных веществ, т. е. сердцу свойствен постоянный аэробный обмен. Этим миокард отличается от скелетных мышц, которые при кратковременных нагрузках могут функционировать за счет анаэробных процессов.

В качестве энергетического субстрата миокард использует свободные жирные кислоты, глюкозу и кетоновые тела, доставляемые кровью, а также лактат, освобождаемый в самом миокарде в процессе анаэробного гликолиза.

Эти субстраты окисляются в цикле Кребса, поставляя энергию для образования АТФ и КФ в ходе окислительного фосфорилирования. Расщепление КФ лежит в основе метаболического ресинтеза АТФ, поэтому по его уровню можно судить о снабжении сердца питательными веществами и кислородом.

2. Фазы работы сердца

Характерной особенностью сердца является непрерывная ритмичная деятельность, которая проявляется в последовательном сокращении и расслаблении его отделов. Сокращение отделов сердца называется систолой, расслабление — диастолой.

В цепи непрерывной ритмической деятельности сердца выделяют отдельные повторяющиеся циклы. Сердечный цикл — это совокупность электрических, механических и биохимических процессов, происходящих в сердце в течение одного полного сокращения и расслабления.

Один цикл соответствует одному сердечному толчку или одному пульсовому удару. При 60 сокращениях сердца в 1 мин длительность одного сердечного цикла составляет 1 с, при 70 сокращениях — 0,85, при 75 сокращениях — 0,8 с. Каждый сердечный цикл включает по одной систоле и по одной диастоле предсердий и желудочков.

Систола обоих предсердий происходит практически одновременно (правое сокращается на 10 с раньше левого). Давление внутри предсердий при этом слегка возрастает (до 5—6 мм рт. ст.), т. е. становится выше, чем в расслабленных желудочках. Возникающий усиленный ток крови полностью раскрывает отверстия клапанов, и кровь беспрепятственно проходит в желудочки, заполняя их. Большая часть объема желудочков заполняется кровью ранее, в начальный период их диастолы, поэтому роль нагнетательной функции предсердий сравнительно невелика.

Несмотря на повышенное давление в желудочках, обратный ток крови из предсердий в вены не происходит. Этому препятствуют сфинктерообразные пучки мышечных волокон, зажимающие устья вен (у птиц — специальные заслонки в венах). При продолжительности цикла 0,8 с систола предсердий составляет 0,1 с.

Диастола предсердий длится в несколько раз дольше, чем систола, захватывая весь период систолы, а также большую часть диастолы желудочков (0,7 с). Предсердия при этом заполняются кровью из полых и легочных вен.

Систола обоих желудочков совпадает с началом диастолы предсердий. Поскольку именно благодаря сокращению желудочков обеспечивается движение крови по большому и малому кругам кровообращения, при анализе сердечного цикла за основу берут деятельность желудочков.

В периоде напряжения выделяют фазу асинхронного сокращения и фазу изометрического сокращения (напряжения) желудочков. В фазу асинхронного сокращения, называемую еще фазой изменения формы желудочков, волна возбуждения постепенно распространяется по миокарду, вызывая неодновременное (асинхронное) сокращение волокон. Сократившиеся волокна растягивают волокна, находящиеся в покое, в результате чего изменяется форма желудочков. Давление внутри желудочков при этом не меняется, а остается близким к нулю, как и в предшествующий период диастолы желудочков. Изометрическое сокращение начинается захлопыванием атриовентрикулярных клапанов. Полулунные клапаны при этом также закрыты. Возбуждением постепенно охватываются все мышечные волокна. Наполненные кровью желудочки сокращаются без изменения объема (изометрическое сокращение). Давление в них начинает быстро нарастать и достигает уровня, при котором открываются полулунные клапаны аорты и легочной артерии (100—120 и 20—30 мм рт. ст. в левом и правом желудочках соответственно у лошадей и крупного рогатого скота).

С этого момента начинается период изгнания. Давление крови в желудочках продолжает нарастать. Кровь изгоняется из желудочков в сосуды большого и малого кругов кровообращения, давление в желудочках выравнивается по величине с давлением в аорте и легочной артерии (160—180 и 50—60 мм рт. ст. соответственно). Объем желудочков резко уменьшается, однако желудочки никогда не опорожняются полностью.

Вслед за этим наступает фаза медленного изгнания крови. Объем желудочков уменьшается до минимума, укороченные мышечные волокна, сокращаясь изотонически, не могут развивать больших усилий. В результате внутрижелудочковое давление снижается, скорость изгнания крови из желудочков падает вплоть до полного прекращения. С прекращением изгнания крови из желудочков заканчивается их систола.

Диастола желудочков начинается с захлопывания аортального клапана и клапана легочной артерии, что препятствует обратному выбросу крови в желудочки, а также резкому падению давления в аорте и легочной артерии. Короткий период между прекращением изгнания крови из желудочков и захлопыванием полулунных клапанов называется протодиастолой.

Период изометрического расслабления желудочков происходит при закрытых полулунных и створчатых клапанах. Расслабление миокардиальных волокон происходит без изменения объема желудочков, хотя давление в них продолжает постепенно снижаться.

Когда давление в желудочках становится ниже давления в предсердиях, открываются левый и правый створчатые клапаны. Кровь начинает поступать в желудочки из предсердий.

Период наполнения желудочков включает две фазы: быстрого и медленного наполнения. В наибольшем количестве кровь поступает в желудочки в фазу быстрого наполнения, хотя по времени она короче.

Фаза медленного наполнения предшествует систоле предсердий или совпадает с ней. В фазе быстрого и медленного наполнения объем желудочков возрастает, и, когда он достигает исходного уровня, происходит сокращение предсердий и начинается новый сердечный цикл.

Фазовые изменения механических, электрических и звуковых явлений в миокарде левого желудочка изображены.

Ритмическая деятельность сердца и наличие створчатых и полулунных клапанов обеспечивают движение крови только в одном направлении: из вен через предсердия и желудочки в аорту и легочную артерию.

При физической нагрузке и других воздействиях на организм частота сердечных сокращений возрастает (тахикардия — от греч. tachys — скорый и kardia — сердце). При этом уменьшается общая продолжительность сердечного цикла и изменяется его временная структура. При умеренной тахикардии уменьшается в основном диастола. При очень частых сокращениях наряду со значительным (в 4—5 раз) укорочением диастолы уменьшаются все систолические фазы. Фаза изометрического сокращения вообще может отсутствовать, фаза медленного изгнания уменьшается вдвое. При этом почти одновременно захлопываются атриовентрикулярные клапаны и открываются полулунные.

При брадикардии (от греч. bradys — медленный и kardia — сердце), т. е. уменьшении частоты сокращений сердца в пределах физиологической нормы (во время сна, у тренированных животных).

3. Сердечный толчок, тоны сердца, систолический и минутный объем крови, биоэлектрические явления в сердце

Ударный и минутный объем сердца. Показателями, характеризующими силу и мощность сердечных сокращений, являются ударный и минутный объем сердца. Ударный (систолический) объем — это количество крови, выбрасываемое одним желудочком сердца при одной систоле. Эта величина примерно одинакова для обоих желудочков, хотя развиваемое левым желудочком систолическое давление в 5 раз больше, чем правым.

Ударный объем зависит от величины сердца, силы сокращений сердечной мышцы и от количества крови в желудочках в начале сокращения (конечно-диастолического объема крови). В норме при сокращении сердца выталкивается не вся кровь, находящаяся в

желудочках. Остаточный объем крови при систоле в покое составляет около половины, а при максимальном систолическом сокращении — 15—20 % от конечно-диастолического объема.

Объем крови, перекачиваемой желудочком сердца за 1 мин, называют минутным объемом сердца, или сердечным выбросом. Этот показатель определяют разными методами:

а) по потреблению животным кислорода в единицу времени и по разнице его содержания в артериальной и венозной крови;

б) по динамике концентрации красителя или радиоизотопа в артериальной крови, после его введения в вену, ведущую к сердцу;

в) по кривой терморазбавления при введении в вену охлажденного физиологического раствора. Эти методы описаны в специальных руководствах.

Зная минутный объем крови (ν) и разделив его на частоту сердечных сокращений в 1 мин, определяют систолический объем крови.

При интенсивной мышечной деятельности систолический объем сердца у лошадей и гончих собак может увеличиваться в 2—3 раза, а минутный объем в 10—20 раз.

Частота сердечных сокращений — это показатель, существенно варьирующий как у разных видов, так и у разных представителей одного вида.

Из приведенных данных следует, что у млекопитающих частота сокращений сердца зависит от массы тела. У мелких животных этот показатель выше; он возрастает в точном соответствии с потребностью животного в кислороде в расчете на единицу массы.

На ритм сердечных сокращений оказывает влияние и возраст. У новорожденных животных и молодняка частота сердечных сокращений выше, чем у взрослых. Так, у новорожденных телят она составляет 115—140 циклов в 1 мин, у жеребят—100—120; ягнят, поросят — 200—250; крольчат — 280—300, и с возрастом проявляет четкую тенденцию к замедлению.

Учащается сердечный ритм у коров (особенно высокопродуктивных) в периоды глубокой стельности и интенсивной лактации. Резко изменяет сердечную деятельность физическая нагрузка. Например, при движении лошади медленной рысью (трот) частота сердцебиений возрастает с 25—40 до 100—120, а при движении резвой рысью — до 240—270.

Следует, однако, отметить, что с учащением сердцебиений общая пауза сердца укорачивается и при очень частых сокращениях (у лошадей более 250) становится настолько короткой, что сердце не успевает наполняться кровью. Соответственно уменьшаются и систолический и минутный объемы сердца.

У тренированных животных (в отличие от нетренированных) при физической работе кровотоков возрастает не только за счет частоты сокращения сердца, но и за счет увеличения

силы сокращений и более полного опорожнения желудочков. У этих животных быстрее восстанавливается нормальный ритм сердечной деятельности после окончания работы.

Механические и звуковые явления при сокращении сердца.

Работа сердца сопровождается механическими (сердечный толчок) и звуковыми (сердечные тоны) явлениями. Сердечный толчок проявляется в виде сотрясения переднего участка грудной клетки при сокращении сердца. Прощупывается он у крупного рогатого скота в области 3–4-го, у лошадей — 4–5-го межреберных промежутков слева. Причиной возникновения сердечного толчка является изменение формы сердца при сокращении и увеличение плотности его стенки. Исследование сердечного толчка применяется в клинической практике ветеринарными специалистами для оценки сократительной функции сердца.

Выброс крови из желудочков и ее движение по крупным сосудам вызывают колебания (микродвижения) всего тела. Регистрация этих перемещений с целью оценки силы и координированности сердечных сокращений называется баллистокардиографией (от лат. ballista — метательный снаряд).

Тоны сердца — это высокочастотные (до 1000 Гц) звуковые колебания, возникающие при работе сердца и регистрируемые на поверхности грудной клетки. Тоны сердца можно выслушать с помощью фонендоскопа (аускультация) или записать на приборе (фонокардиография).

Всего имеется пять тонов сердца, два из которых прослушиваются. Первый, или систолический, тон — глухой, низкий и протяжный, второй, или диастолический, — более высокий и отрывистый. Первый тон соответствует захлопыванию атриовентрикулярных клапанов и началу систолы желудочков (периоду напряжения). Он обусловлен колебанием створок клапанов и прикрепленных к ним сухожильных нитей, а также вибрацией напряженной стенки желудочка.

Второй тон возникает при закрытии полулунных клапанов аорты и легочной артерии и обусловлен колебаниями крови вследствие ее отдачи.

Выслушивание тонов сердца является важным методом клинического обследования состояния сердечно-сосудистой системы. При неполном захлопывании клапанов или сужении отверстий сосудов (аорты, легочной артерии) бывают слышны не тоны, а шумы. При слабости сердечной мышцы тоны становятся глухими.

4. Свойства сердечной мышцы: возбудимость, проводимость, сократимость, рефракторность, автоматия

Сердечная мышца, как и другие поперечнополосатые мышцы, обладает свойствами возбудимости, проводимости и сократимости. Однако в отличие от скелетных мышц, сокращение которых происходит под действием импульсов, поступающих из ЦНС, сокращения сердечной мышцы возникают автоматически, как результат внутренних, «спонтанных» процессов.

Автоматия сердца — это способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, зарождающихся в нем самом.

Морфологическим субстратом автоматии служат атипические мышечные клетки (Р-клетки), способные к периодической самогенерации мембранного потенциала действия и высокой (в сравнении с остальными рабочими миокардиоцитами желудочков и предсердий) скоростью проведения возбуждения.

Атипические миоциты крупнее остальных, богаче саркоплазмой с высоким содержанием гликогена. В них мало миофибрилл и митохондрий, преобладают ферменты, способствующие анаэробному гликолизу. Составляя лишь незначительную часть общей массы миокарда, эти клетки образуют в сердце специализированную, анатомически обособленную проводящую систему. Последняя обильно снабжена капиллярами и вегетативными нервными волокнами.

5. Проводящая система сердца

Проводящая система включает: синусно–предсердный узел, или узел Кейт–Флека, расположенный в правом предсердии в области устья полых вен; межузловые пучки, идущие в стенке предсердий ко второму узлу; предсердно–желудочковый (атриовентрикулярный) узел, или узел Ашоффа–Тавара, расположенный на границе предсердий и желудочков пучок Гиса и его ножки — правую и левую; конечные ветвления пучка — волокна Пуркинье, непосредственно контактирующие с волокнами сердечной мышцы.

Проводящая система функционирует следующим образом. Рабочие миоциты во время диастолы сердца поддерживают стабильный мембранный потенциал (МП). В то же время МП миоцитов синусно–предсердного узла медленно снижается («дрейф» потенциала), что обусловлено повышением проницаемости мембран для ионов натрия, входящих внутрь волокон, и для ионов калия, выходящих из волокон. Поток Na^+ внутрь волокна при этом лавинообразно нарастает, вызывая развитие нового распространяющегося потенциала. Этот самопроизвольный спонтанный процесс повторяется снова и снова, обеспечивая ритмическую деятельность сердца на протяжении всей жизни.

Медленная диастолическая деполяризация (МДД), т. е. способность к генерации ПД и автоматии, неодинакова в разных клетках проводящей системы: она убывает по направлению от основания к вершине сердца («градиент автоматии» сердца). Наибольшая скорость МДД и соответственно частота спонтанных разрядов у Р-клеток синусно-предсердного узла, которые получили название 5 пейсмекеров. Сам же синусный узел называют номотропным очагом автоматии сердца, или водителем сердечного ритма.

Скорость МДД проводящих миоцитов предсердножелудочкового узла меньше, и автоматия его выражена в меньшей степени. В норме она подавляется деятельностью синуснопредсердного узла. Автоматия узла Ашоффа–Тавара проявляется лишь тогда, когда к нему не поступают импульсы от узла Кейт–Флека. Еще меньше автоматия желудочкового пучка Гиса.

Наличие градиента автоматии и подавление синуснопредсердным узлом автоматии других отделов проводящей системы обеспечивают нормальную ритмическую деятельность сердца.

Скорость проведения возбуждения в различных участках проводящей системы сердца варьирует: в синусно-предсердном узле она составляет 0,05—0,20 м/с, в атриовентрикулярном узле 0,02—0,05 м/с, в волокнах проводящей системы предсердий и в волокнах пучка Гиса 2—3 м/с. В сократительном миокарде предсердий и желудочков возбуждение проводится со скоростью около 1 м/с.

Импульсы, возникающие в пейсмекерах синусного узла, распространяются вначале к рабочему миокарду обоих предсердий, который быстро охватывается возбуждением и сокращается. На желудочки это возбуждение не распространяется, так как миокард предсердия ограничен от миокарда желудочков невозбудимой соединительной тканью. К желудочкам импульсы поступают от синусно-предсердного узла, только по волокнам проводящей системы предсердий, через атриовентрикулярный узел. В последнем происходит задержка возбуждения на 10—20 мс, что обеспечивает последовательное сокращение предсердий и лишь затем желудочков.

От атриовентрикулярного узла возбуждение довольно быстро распространяется по пучку Гиса к его ножкам и передается с субэндокардиальных окончаний волокон Пуркинье к рабочему миокарду желудочков. Последние синхронно охватываются возбуждением и сокращаются.

При полном нарушении проведения возбуждения от предсердий к желудочкам (поперечной блокаде сердца) предсердия и желудочки сокращаются независимо друг от друга в разном ритме.

Происхождение биотоков сердца. Распространение волны возбуждения (ПД) по проводящей системе сердца и рабочему миокарду предсердий и желудочков сопровождается явлениями деполяризации и реполяризации мембран мышечных волокон. В состоянии покоя мышца поляризована; положительные и отрицательные заряды сбалансированы и движения тока нет. При деполяризации (исчезновении зарядов) ПД начинает распространяться по миокарду.

Регистрация электрической активности сердца с помощью электродов, наложенных непосредственно на его поверхность, называется электрографией, а полученная кривая — электрограммой. Регистрация электрической активности (биотоков) сердца с помощью прибора электрокардиографа, электроды которого накладываются на разные участки тела, носит название электрокардиографии. С физической точки зрения электрокардиография — это регистрация изменений проекции сердечного интегрального вектора на прямую, образованную парой электродов. Получаемая кривая записи биоэлектрической активности сердца называется электрокардиограммой (ЭКГ). ЭКГ отражает процесс возбуждения сердца, а не его сокращения.

Для регистрации ЭКГ используют разные отведения, т. е. варианты расположения электродов на теле. Каждое отведение образовано двумя электродами, подключенными к положительному и отрицательному полюсу электрокардиографа. Воображаемая прямая, соединяющая оба электрода, называется осью отведения.

Три отведения от конечностей (I — правая пясть — левая пясть; II — правая пясть — левая плюсна; III — левая пясть — левая плюсна) являются стандартными. Наибольшую величину зубцов отмечают при втором отведении, когда регистрируют биотоки всего сердца.

6. Гемодинамика и факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам (артериям, капиллярам, венам)

Гемодинамика — это учение о причинах, условиях и механизме движения крови в сосудистой системе.

Вода интерстициального пространства постоянно обменивается с плазмой крови кровеносных капилляров. В артериальной части капилляра гидростатическое давление крови превышает онкотическое давление белков плазмы, гидростатическое давление тканевой жидкости и вода фильтруется через гистогематический барьер в интерстициальное пространство. К венозному концу капилляра гидростатическое давление крови снижается, из-за выхода воды в ткань несколько повышается концентрация белков в плазме и онкотическое давление становится выше гидростатического, что обеспечивает обратное поступление воды из тканей в кровь.

Функциональные группы сосудов. Сосуды кровеносной системы имеют разное строение и разное функциональное назначение. В зависимости от выполняемой ими функции сосуды подразделяют на 6 групп:

- 1) амортизирующие сосуды;
- 2) сосуды сопротивления;
- 3) сосуды–сфинктеры;
- 4) обменные сосуды;
- 5) емкостные сосуды;
- 6) шунтирующие сосуды.

Амортизирующие сосуды — это наиболее крупные магистральные артерии, в которых ритмически пульсирующий, изменчивый кровоток превращается в более равномерный и плавный. Стенки этих сосудов содержат мало гладкомышечных элементов и много эластичных волокон. Амортизирующие сосуды оказывают наибольшее сопротивление кровотоку.

Сосуды сопротивления (резистивные сосуды) делятся на прекапиллярные (мелкие артерии) и посткапиллярные (венулы и мелкие вены). Соотношение между тонусом пре- и посткапиллярных сосудов определяет уровень гидростатического давления в капиллярах, величину фильтрационного давления и интенсивность обмена жидкости. Резистивные сосуды содержат небольшую часть крови, но на 2/3 создают общее периферическое сопротивление.

Сосуды–сфинктеры — это последние отделы прекапиллярных артериол. От их сужения или расширения зависит число функционирующих капилляров, т. е. площадь обменной поверхности.

Обменные сосуды (истинные капилляры) — важнейший отдел сердечно–сосудистой системы. Через тонкие стенки капилляров происходит обмен между кровью и тканями. Стенки капилляров не содержат гладкомышечных элементов и не способны к сокращению.

Емкостные сосуды составляют венозный отдел сердечно–сосудистой системы. Емкостными эти сосуды называют потому, что они вмещают 3/4 всей крови, но создают лишь малую часть общего периферического бопротивления. Некоторые вены обладают особой емкостью как депо крови, что связано с их анатомическим строением (вены печени, чревной области, подсосочковых сплетений кожи).

Шунтирующие сосуды — это артериовенозные анастомозы, обеспечивающие прямую связь между мелкими артериями и венами в обход капиллярного ложа. Когда эти сосуды открыты, кровоток через капилляры либо уменьшается, либо прекращается.

Поскольку сердце выбрасывает кровь в сосуды большого и малого кругов кровообращения порциями, кровоток в артериях носит пульсирующий характер. Объемная и линейная скорости движения крови при этом постоянно меняются. Она максимальна при систоле, в период изгнания, и минимальна при диастоле (в аорте линейная скорость составляет 500 и 150 мм/с соответственно). Во время общей паузы, до начала следующего периода изгнания, кровь в восходящей аорте обычно не движется.

7. Кровяное давление

Артериальное давление крови. Давление крови на стенки артерий, обусловленное степенью сжатия крови, называется артериальным давлением. О наличии давления говорит тот факт, что при ранении крупных сосудов у животных кровь бьет струей, иногда на значительное расстояние. Факторами, обуславливающими кровяное давление, являются: деятельность сердца (сердечный выброс), упругое сопротивление растяжению сосудистых стенок, суммарное периферическое сопротивление кровотоку, вязкость и гидростатическое давление крови. Измеряют давление крови в паскалях ($1 \text{ кПа} = 7,5 \text{ мм рт. ст.}$, $1 \text{ мм рт. ст.} = 0,133 \text{ кПа}$).

Давление, возникающее в артериях при систоле и выбросе крови, называется максимальным, или систолическим; давление, возникающее при диастоле, — минимальным, или диастолическим.

Величина кровяного давления зависит от многих факторов: пола, возраста, массы, уровня продуктивности животных, физиологического состояния (беременность, лактация, степень тренированности). Вероятно, оказывают влияние и способы определения давлений (разный тип приборов, разные артерии, разная толщина кожи и подкожного слоя). Так, при определении систолического давления в сонной артерии у животных установлены следующие показатели (мм рт. ст.): у лошади — 150, коровы — 160, овцы — 120, свиньи — 140, собаки — 120. Близкие к этим показатели в бедренной артерии; в хвостовой же артерии у лошадей и крупного рогатого скота они существенно ниже — 100—120 мм рт. ст.

Поэтому для получения сравнимых результатов в эксперименте или в клинике следует по возможности соблюдать однотипность условий при определении давления. У мелких лабораторных животных средние показатели артериального давления в целом несколько выше, чем у крупных. Значительно артериальное давление может повышаться после тяжелой физической нагрузки.

Повышение артериального давления называется гипертензией, понижение — гипотензией. Различают системную (в артериях большого круга кровообращения) и

региональную гипертензию. Стойкие гипертензия и гипотензия могут свидетельствовать о нарушении функций отдельных органов или организма в целом.

8. Артериальный пульс

Пульс — это толчкообразные колебания сосудистых стенок и прилегающих к ним тканей, вызываемые сокращениями сердца. Пульс прощупывается на поверхностных, достаточно отдаленных от сердца артериях (лучевой, подчелюстной и др.). Это возможно потому, что волна деформации стенок аорты, возникающая при сердечном выбросе (пульсовая волна), распространяется по артериальным стенкам, затухая в области артериол и капилляров. Скорость распространения пульсовой волны в средних артериях мышечного типа составляет 8-12 м/с, т. е. в 10 раз превышает среднюю линейную скорость движения крови.

Кривая записи пульсовой волны носит название сфигмограммы. При пальпации пульса устанавливают его частоту, ритмичность, напряжение. Скорость распространения пульсовой волны, определяемая с помощью датчиков, служит показателем эластичности

сосудистой стенки и является важным диагностическим признаком. Кровь распределена неравномерно по разным частям тела. Одни органы снабжаются ею в гораздо большем количестве, другие — в меньшем.

В пересчете на единицу массы кровотоков выше всего в почках. Затем следует печень, сердце, головной мозг, эндокринные органы. В процентах же от общего объема большая часть крови (около 80 % сердечного выброса) приходится на печень, почки, мышцы, головной мозг.

Каждый орган тела может эффективно работать только при условии адекватного кровоснабжения, причем повышение активности должно сопровождаться соответствующим увеличением кровотока.

Периферическое сопротивление зависит в основном от диаметра прекапиллярных сосудов — мелких артерий и артериол. Последние имеют толстые гладкомышечные стенки и иннервируются симпатическими сосудосуживающими волокнами. Эти постганглионарные волокна отходят от паравертебральных или висцеральных ганглиев и оканчиваются на гладких мышцах сосудов. При нарушении тонической активности симпатических нервов изменяются просвет сосудов и регуляция периферического кровообращения.

Просвет сосудов может регулироваться и за счет местных факторов: изменения величины рН, давления, накопления продуктов метаболизма, а также биологически активных веществ — серотонина, гистамина, простагландинов и других факторов, изменяющих

реакцию гладких мышц артериол и венул на сосудосуживающие и сосудорасширяющие влияния.

Сосудосуживающий эффект симпатических нервов не распространяется на сосуды головного мозга, легких, сердца и работающих скелетных мышц. При раздражении симпатических нервов сосуды этих органов, наоборот, расширяются.

Исследование пульса проводят методом пальпации артерий. У крупного рогатого скота это лучше делать на плечевой артерии (внутренняя поверхность локтевого сустава), срединной (внутренняя поверхность предплечья), па артерии Сафена (внутренняя поверхность голени); у овец, коз, свиней — набедренной (в паховой области); у лошадей — на наружной челюстной артерии (в сосудистой вырезке нижней челюсти). Изучают частоту пульса, его ритм, качество. Частота пульса у разных животных не одинаковая.

Исследование вен производят осмотром и пальпацией. Исследование сердца начинают с пальпации сердечной области. Затем проводят аускультацию и перкуссию. При необходимости у животного измеряют артериальное давление крови, проводят электрокардиографию и другие исследования.

9. Нервно–гуморальная регуляция кровообращения

Тонус периферических сосудодвигательных нервов определяется тонусом соответствующих нервных центров, а тоническая активность центральных нейронов обеспечивается импульсами, поступающими от периферических рецепторов. Особая роль в регуляции тонуса сосудов (как и сердечной деятельности) принадлежит баро– и хеморецепторам сосудистой стенки, активность которых зависит от изменения давления и состава крови.

Эти рецепторы образуют так называемые сосудистые рефлексогенные зоны, расположенные в дуге аорты (окончания нерва депрессора), в области каротидного синуса (окончания нерва Геринга) и в устье полых вен в правом предсердии. Аfferентные нервы двух первых зон являются депрессорными (вызывают рефлекторное расширение кровеносных сосудов и торможение сердечной деятельности), а третьей зоны — прессорными (вызывают сужение сосудов, усиление и учащение сердечных сокращений). И в том и в другом случае восстанавливается исходный уровень кровяного давления. Импульсы к прессорному отделу могут поступать и от дыхательного центра при изменении PCO_2 в крови.

Информация от рецепторов по прессорным или депрессорным нервам (называемым также буферными) передается к специальным сердечнососудистым центрам продолговатого мозга. Их два: вазомоторный, или сосудодвигательный, в прессорном и депрессорном

отделами и вагусный кардиоингибирующий центр, влияние которого осуществляется через ветви блуждающего нерва. Действуя на частоту сердечных сокращений, сердечный выброс и тонус сосудов, эти центры сообща стабилизируют артериальное давление, которое в большинстве случаев прямо коррелирует с объемной скоростью кровотока. При повышении давления тормозится прессорный отдел, но стимулируется депрессорный отдел и кардиоингибирующий центр. В этом случае сердечный выброс и периферическое сопротивление падают, артериальное давление снижается до исходного уровня. И, наоборот, при снижении давления уменьшается частота разрядов барорецепторов, тормозится и ослабляется стимуляция депрессорного отдела и кардиоингибирующего центра. При увеличении сердечного выброса и периферического сопротивления восстанавливается нормальный уровень давления. Наличие механизма саморегуляции системного артериального давления впервые было показано И.П. Павловым.

В регуляции кровяного давления, кроме главного сосудодвигательного центра, принимают участие кора головного мозга, сосудистые центры гипоталамуса, а также нейроны симпатической нервной системы, расположенные в боковых рогах спинного мозга. Высшие центры, расположенные в коре мозга и гипоталамусе, реализуют свое влияние через бульварные и спинальные центры.

В регуляции тонуса участвуют (помимо местных факторов, указанных выше) также гуморальные вещества. Их эффект может быть непосредственным или опосредованным через модуляцию нервных влияний. Сосудосуживающим эффектом обладают адреналин, вазопрессин, ангиотензин II, окситоцин; сосудорасширяющим — глюкагон, холицистокинин, секретин, брадикинин и его производные (полипептиды, образующиеся в тканях и плазме крови при различных повреждающих воздействиях). Большинство перечисленных веществ не обладает выраженной специфичностью сосудодвигательного эффекта, некоторые же, например кинины, участвуют в регуляции локального периферического кровотока.

10. Нервная и гуморальная регуляция сердечной деятельности

Сердце обладает автоматией, т. е. способностью сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в его проводящей системе. Наличный ритм, задаваемый синусно-предсердным узлом, регулируется экстракардиальными нервными и гуморальными влияниями. Однако сердце способно управлять собственной деятельностью и независимо от внешних влияний, с помощью так называемых интракардиальных (внутрисердечных) механизмов.

11. Интракардиальные механизмы и роль рецепторных полей в регуляции работы сердца

Интракардиальная регуляция сердца обеспечивается, с одной стороны, свойствами сердечной мышцы (гетерометрическая регуляция), а с другой — собственной нервной системой. Последняя включает рецепторы растяжения, афферентные, вставочные и эфферентные (адренэргические и холинэргические) нейроны. Эти нейроны образуют внутрисердечные рефлекторные дуги, которые замыкаются в интрамуральных ганглиях миокарда.

Регуляторные процессы, осуществляемые внутрисердечной нервной системой, находятся под контролем блуждающего нерва.

Экстракардиальная регуляция. Внешние (экстракардиальные) влияния на сердце осуществляются симпатическими и парасимпатическими нервами. В окончаниях сердечных симпатических нервов выделяется норадреналин, взаимодействующий с β -адренорецепторами постсинаптической мембраны сердечных миоцитов (адреналин также воздействует на β -адренорецепторы).

Раздражение симпатических нервов вызывает:

- а) учащение сердечных сокращений (положительное хронотропное действие);
- б) усиление сердечных сокращений (положительное инотропное действие);
- в) увеличение возбудимости миокарда (положительное батмотропное действие);
- г) увеличение проводимости миокарда (положительное дромотропное действие).

Наблюдаемый эффект обусловлен комплексом физиологических изменений, происходящих в миокарде под влиянием норадреналина: уменьшением медленной диастолической деполяризации Р-клеток синусно-предсердного узла усилением синтеза АТФ и энергетического обмена в миокарде, сокращением рефрактерного периода. Парасимпатическая иннервация сердца осуществляется через блуждающие нервы, преганглионарные волокна которых идут к внутрисердечным нервным ганглиям, а постганглионарные волокна — к синусно-предсердному и атриовентрикулярному узлам проводящей системы. Правый вагус влияет преимущественно на синусный узел, левый — на предсердножелудочковый.

В окончаниях сердечных парасимпатических волокон выделяется медиатор ацетилхолин, взаимодействующий с М-холинорецепторами постсинаптической мембраны Р-клеток водителя сердечного ритма. Раздражение блуждающих нервов вызывает: а) урежение сердечных сокращений (отрицательное хронотропное действие); б) уменьшение силы сокращений (отрицательное инотропное действие); в) уменьшение проводимости миокарда (отрицательное батмотропное действие); г) уменьшение проводимости миокарда

(отрицательное дромотропное действие); д) уменьшение тонуса сердечной мышцы (отрицательное тонотропное действие). Этот суммарный эффект является следствием комплекса процессов, индуцированных ацетилхолином: гиперполяризации мембран Р-клеток и увеличения диастолического потенциала, снижения поступления в клетку ионов Ca^{++} , уменьшения продолжительности и снижения амплитуды потенциала действия.

Рефлекторная регуляция. Экстракардиальный механизм регуляции, конечным звеном которого являются вегетативные нервы, включает также афферентные и центральные звенья. Так, прессорные рецепторы, расположенные в разных отделах сосудистого русла (улавливают колебания давления крови и оказывают влияние черезсердечно–сосудистый центр не только на тонус сосудов, но и на ритм сердца. При повышении кровяного давления ритм сердца замедляется, при понижении — учащается. Деятельность сердца может затормозиться и при сильном раздражении рецепторов внутренних органов, например кишечника.

Лекция 5: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ»

Вопросы:

1. Сущность и эволюционное развитие процессов дыхания.
2. Механизмы вдоха и выдоха.
3. Типы и частота дыхания у животных разных видов. Защитные дыхательные рефлексы.
4. Жизненная и общая емкость легких. Легочная вентиляция.
5. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Транспорт кислорода кровью. Обмен газов между кровью и тканями. Транспорт углекислого газа кровью.
6. Взаимосвязь дыхания и кровообращения. Дыхательный центр, его функция. Нервная и гуморальная регуляция дыхания.
7. Особенности дыхания у птиц.

1. Сущность и эволюционное развитие процессов дыхания

Совокупность процессов, обеспечивающих обмен кислородом и углекислым газом между внешней средой и тканями организма, называется *дыханием*, а совокупность органов, обеспечивающих дыхание, — *системой органов дыхания*.

Основная функция дыхательной системы — обеспечение клеток организма необходимым количеством кислорода и выведение из организма углекислого газа.

Эволюция дыхательной системы:

1. Диффузионный транспорт газов через поверхность тела (простейшие).
2. Появление системы конвекционного переноса газов кровью (гемолимфой) к внутренним органам, появление дыхательных пигментов (черви).

3. Появление специализированных органов газообмена: жабры (рыбы, моллюски, ракообразные), трахеи (насекомые).

4. Появление системы принудительной вентиляции органов дыхания (наземные позвоночные).

В структуре дыхания высших животных и человека выделяют следующие этапы:

а) легочная вентиляция, т. е. газообмен между легкими и внешней средой;

б) обмен газов в легких между альвеолярным воздухом и капиллярами малого круга кровообращения;

в) транспорт кислорода и углекислого газа кровью;

г) обмен газов между кровью капилляров большого круга кровообращения и тканевой жидкостью; д) внутриклеточное дыхание – многоступенчатый ферментативный процесс окисления субстратов в клетках (рассматривается в курсе биохимии).

Выпадение или торможение любого из этих звеньев приводит к нарушению дыхания и создает опасность для жизни животного.

Строение дыхательной системы:

Воздухоносные пути (нос, ротовая полость, глотка, гортань, трахея).

Легкие:

– бронхиальное дерево. Бронх каждого легкого дает более 20 последовательных ветвлений. Бронхи – бронхиолы – терминальные бронхиолы – дыхательные бронхиолы – альвеолярные ходы. Альвеолярные ходы заканчиваются альвеолами.

– альвеолы. Альвеола представляет собой мешочек из одного слоя тонких эпителиальных клеток, соединенных плотными контактами. Внутренняя поверхность альвеолы покрыта слоем сурфактанта (поверхностно-активное вещество).

– сосуды и капилляры.

– легкое покрыто снаружи висцеральной плевральной мембраной. Parietalная плевральная мембрана покрывает изнутри грудную полость. Пространство между висцеральной и париетальной мембранами называется плевральной полостью.

Скелетные мышцы, участвующие в акте дыхания (диафрагма, внутренние и наружные межреберные мышцы, мышцы брюшной стенки).

Основной физический процесс, который обеспечивает перемещение кислорода из внешней среды к клеткам и углекислого газа в обратном направлении — это диффузия, т. е. движение газа в виде растворенного вещества по градиентам концентрации. Изучение этих градиентов и механизмов их поддержания составляет основную задачу физиологии дыхания.

Относительная масса легких у млекопитающих мало зависит от массы тела и составляет в среднем 0,6—0,8 %. У животных с интенсивным дыханием — собак, лошадей, овец и особенно диких копытных — этот показатель выше (1,1—1,4%). Вообще же интенсивность дыхания животных определяется не столько размерами легких, сколько усложнением их внутренней структуры и функции

Морфологической и функциональной единицей легкого является так называемый ацинус (лат. *acinus* — виноградная ягода), представляющий собой одно из разветвлений терминальной бронхиолы. Ацинус включает респираторную (дыхательную) бронхиолу и альвеолярные ходы, которые заканчиваются альвеолярными мешочками. Один ацинус содержит 400—600 альвеол; 12—20 ацинусов образуют легочную дольку. В целом ацинусы составляют около 90 % всего объема легких.

Функции воздухоносных путей. В воздухоносных путях происходит увлажнение, согревание, очищение воздуха, восприятие обонятельных раздражений, регуляция объема вдыхаемого воздуха.

Согревается и очищается воздух главным образом в носовой полости — средних и нижних носовых ходах. Слизистая оболочка их хорошо развита, обильно снабжена поверхностно расположенными кровеносными сосудами, содержит много слизистых желез.

Колебания ресничек мерцательного эпителия по направлению движения вдыхаемого воздуха (в трахее и бронхах — по направлению выдыхаемого воздуха) изгоняют вместе со слизью инородные частицы, загрязняющие дыхательные пути. Воздух, поступающий в легкие, практически стерилен, насыщен водяными парами и согрет до температуры тела. Отдельные чужеродные частицы, попавшие в легкие, захватываются и перевариваются альвеолярными макрофагами.

В глубине верхнего носового хода имеется участок, называемый «обонятельным лабиринтом». Здесь находятся рецепторы, являющиеся периферическими нейронами трехнейронного обонятельного пути. Благодаря им осуществляется анализ вдыхаемого воздуха.

Верхние дыхательные пути выполняют также рефлекторную функцию. Импульсы, возникающие при раздражениях их хеморецепторов, передаются в дыхательный и моторные нервные центры, вызывая соответствующую реакцию (например: рефлекс кашля и чихания при раздражении дыхательных путей слизью, пылью, химическими раздражителями).

Раздражение терморецепторов при вдыхании холодного воздуха вызывает повышение обмена и теплопродукции путем вовлечения в реакцию щитовидной железы через систему гипоталамус — гипофиз.

2. Механизмы вдоха и выдоха

Вентиляция легких осуществляется благодаря периодическим изменениям объема грудной полости. Увеличение объема грудной полости (вдох) осуществляется сокращением инспираторных мышц, уменьшение объема (выдох) — сокращением экспираторных мышц.

Инспираторные мышцы:

- наружные межреберные мышцы;
- сокращение наружных межреберных мышц поднимает ребра кверху, объем грудной полости увеличивается;
- диафрагма – при сокращении собственных мышечных волокон диафрагма уплощается и отходит книзу, увеличивая объем грудной полости.

Экспираторные мышцы:

- внутренние межреберные мышцы – сокращение внутренних межреберных мышц опускает ребра книзу, объем грудной полости уменьшается;
- мышцы брюшной стенки – сокращение мышц брюшной стенки приводит к подъему диафрагмы и опусканию нижних ребер, объем грудной полости уменьшается.

При спокойном дыхании выдох осуществляется пассивно – без участия мышц, за счет эластической тяги растянутых при вдохе легких. Во время форсированного дыхания выдох осуществляется активно – за счет сокращения экспираторных мышц.

Вдох:

- инспираторные мышцы сокращаются;

- объем грудной полости увеличивается;
- париетальная мембрана растягивается;
- объем плевральной полости увеличивается;
- давление в плевральной полости падает ниже атмосферного;
- висцеральная мембрана подтягивается к париетальной;
- объем легкого увеличивается за счет расширения альвеол;
- давление в альвеолах падает;
- воздух из атмосферы поступает в легкое.

Выдох:

- инспираторные мышцы расслабляются, растянутые эластические элементы легких сжимаются, (экспираторные мышцы сокращаются);
- объем грудной полости уменьшается;
- париетальная мембрана сжимается;
- объем плевральной полости уменьшается;
- давление в плевральной полости повышается выше атмосферного;
- давление сдавливает висцеральную мембрану;
- объем легкого уменьшается за счет сдавления альвеол;
- давление в альвеолах растет;
- воздух из легкого выходит в атмосферу.

3. Типы и частота дыхания у животных разных видов.

Защитные дыхательные рефлексы

Легочное дыхание включает в себя первые два этапа дыхания:

- 1) обмен воздуха между внешней средой и легкими;
- 2) обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью.

В процессе легочного дыхания атмосферный воздух поступает через воздухоносные пути в легкие во время вдоха. При выдохе воздух с повышенным содержанием углекислого газа выводится тем же путем в окружающую среду.

В альвеолах происходит диффузия кислорода в кровь и диффузия углекислого газа из крови в альвеолярный воздух.

Механизм легочного дыхания. Движение воздуха в легкие и из легких в окружающую среду обусловлено изменением давления внутри легких. Когда легкие расширяются, давление в них становится ниже атмосферного (на 5—8 мм рт. ст.) и воздух насасывается в легкие; когда легкие спадаются, воздух выжимается, давление в них становится выше атмосферного (на 3—4 мм рт. ст.). Следовательно, легкие должны периодически расширяться и спадаться. Однако легкие не имеют собственных мышц и не могут расширяться и спадаться активно. Их движения пассивно следуют за движениями грудной клетки при актах вдоха или выхода. Во время вдоха (инспирация) размеры грудной клетки увеличиваются, во время выдоха (экспирация) уменьшаются.

Акт вдоха обеспечивается сокращением наружных межреберных мышц и 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 отходит назад. Объем грудной клетки при этом увеличивается в трех направлениях — вертикальном, сагиттальном и фронтальном.

При выдохе расслабляются дыхательные мышцы, и грудная клетка в силу своей тяжести и эластичности реберных хрящей возвращается в исходное положение. Диафрагма расслабляется, купол ее вновь становится выпуклым. Таким образом, в покое выдох происходит пассивно, вследствие окончания вдоха.

Различают грудной (реберный), и брюшной (диафрагмальный) типы дыхания.

У большинства сельскохозяйственных животных тип дыхания — смешанный (грудобрюшной), у собак — преимущественно грудной.

4. Жизненная и общая емкость легких. Легочная вентиляция

При оценке вентиляции легких используют такой показатель, как *минутный объем дыхания*. Его вычисляют путем умножения объема воздуха, поступившего в легкие за один вдох (*дыхательного объема*), на число дыхательных движений в минуту. При одинаковом минутном объеме дыхания и прочих равных условиях эффективнее более редкое, но более глубокое дыхание.

Например: в состоянии покоя лошадь вдыхает и выдыхает при каждом дыхательном цикле 5—6 л воздуха. При частоте дыхания 12 в 1 мин минутный объем будет составлять 60—70 л. При легкой работе минутный объем возрастает до 150—200 л, а при напряженной работе

—до 400—500 л. У коров средней продуктивности минутный объем воздуха 25—30 л. Иногда легочную вентиляцию выражают в л/ч на 100 кг живой массы.

Помимо дыхательного объема, животное при глубоком вдохе может вдохнуть еще некоторое количество воздуха. Этот объем воздуха называется *дополнительным объемом вдоха*. У лошадей он составляет 12—15 л, у коров — 5—7 л. Примерно половину этого количества воздуха животное может выдохнуть после обычного спокойного выдоха путем усиленного выдоха. Этот последний объем называют *резервным объемом выдоха*.

В сумме все три фракции (дыхательный, дополнительный и резервный объемы) составляют *жизненную емкость легких*.

Определить эту величину можно путем измерения объема максимального выдоха после предшествующего максимального вдоха.

Особенностью дыхания является то, что легкие никогда полностью не освобождаются от воздуха и не спадаются. Даже при максимальном выдохе в легких остается значительное количество воздуха, называемого *остаточным объемом*. Этот воздух остается в легких и после смерти (кусочек легкого не тонет в воде). В состав жизненной емкости легких остаточный воздух не входит.

За счет легочной вентиляции частично обновляется альвеолярный воздух и в нем поддерживается давление кислорода и углекислого газа на уровне, обеспечивающем нормальный газообмен.

Вентиляцией называют процесс обновления газового состава альвеолярного воздуха при вдохе и выдохе. Интенсивность вентиляции определяется глубиной вдоха и частотой дыхательных движений.

Глубину вдоха определяют по амплитуде движений грудной клетки, а также с помощью специальных методов, позволяющих измерить легочные объемы. Частоту дыхательных движений можно подсчитать по числу экскурсий грудной клетки за определенный промежуток времени. Эта величина в покое характерна для каждого вида

животных; она зависит от возраста, физиологического состояния, пола и продуктивности животных.

В любом возрасте частота дыхательных движений в 4—5 раз меньше частоты сердечных сокращений (кроме рыб).

Легочная вентиляция количественно характеризуется минутным объемом дыхания (МОД).

МОД – объем воздуха (в литрах), вдыхаемого или выдыхаемого за 1 минуту.

МОД в покое составляет 5–7 л/мин, при физической нагрузке МОД может возрастать до 120 л/мин.

Часть вдыхаемого воздуха идет на вентиляцию альвеол, а часть – на вентиляцию мертвого пространства легких.

Анатомическим мертвым пространством (АМП) называют объем дыхательных путей легких, потому что в них не происходит газообмена. Под функциональным мертвым пространством (ФМП) понимают все те участки легких, в которых не происходит газообмен. Объем ФМП складывается из объема АМП и объема альвеол, в которых не происходит газообмен.

5. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Транспорт кислорода кровью. Обмен газов между кровью и тканями. Транспорт углекислого газа кровью

Газообмен в легких – обмен газов путем диффузии между альвеолярным воздухом и кровью. Происходит это совокупность процессов в альвеолах и ближайших к ним элементах переходной зоны дыхательных путей: бронхиолах, альвеолярных мешочках.

В состав атмосферного воздуха входит почти 21% кислорода, около 79% азота, примерно 0,03% углекислого газа, небольшое количество водяных паров и инертных газов. Такой воздух мы вдыхаем, и называют его *вдыхаемым*. Воздух, который мы выдыхаем, называют *выдыхаемым*. Его состав по сравнению с вдыхаемым – другой: 16,3% кислорода, около 79% азота, примерно 4% углекислого газа и др. Разное содержание кислорода и углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе объясняется обменом газов в легких.

Воздух	Содержание газов, %		
	<i>кислород</i>	<i>углекислый газ</i>	<i>азот</i>
вдыхаемый	20,94	0,03	79,03
выдыхаемый	16,3	4,0	79,7
альвеолярное	14,2	5,2	80,6

Газообмен в легких происходит при диффузии газов через стенки альвеол и кровеносных капилляров вследствие разницы между парциальным давлением O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе и в крови.

Для быстрого газообмена в легких разница между парциальным давлением газов в альвеолярном воздухе и их напряжением в крови составляет для O_2 – около 70 мм рт. ст, для CO_2 – около 7 мм рт. ст.

Транспортировка газов – перенос кровью O_2 от легких к клеткам и CO_2 от клеток к легким – осуществляется кровеносной системой, а транспортным средством является кровь.

Транспортировка кислорода обеспечивается основным переносчиком кислорода – гемоглобином крови, и очень незначительная часть O_2 растворяется в плазме.

Газообмен в тканях – обмен газов путем диффузии между кровью и тканями в капиллярах. Обусловлен этот процесс напряжением газов в крови и тканях (для O_2 – около 70 мм рт. ст, для CO_2 – около 7 мм рт. ст.), осуществляется он также вследствие диффузии. В тканях разница напряжения поддерживается непрерывным процессом биологического окисления.

Тканевое дыхание – это потребление O_2 клетками и выделение ими CO_2 . Это многоэтапный ферментативный процесс использования кислорода клетками для окисления органических соединений с образованием CO_2 и H_2O и получения энергии для жизнедеятельности. В клетках кислород доставляется к митохондриям, где и происходит окисление органических соединений и синтез АТФ. Подробнее клеточное дыхание изучается биохимией.

6. Взаимосвязь дыхания и кровообращения. Дыхательный центр, его функция. Нервная и гуморальная регуляция дыхания

Взаимосвязь дыхания и кровообращения.

Отрицательное давление в плевральной полости, обеспечивает, венозный возврат крови в правое предсердие. Во время вдоха давление в брюшной полости увеличивается, что также способствует оттоку крови из венозных сосудов и капилляров брюшины и органов брюшной полости. Вследствие присасывающегося действия грудной полости кровь выкачивается из большого круга кровообращения и наполняет кровеносные сосуды малого круга. Повышение кровяного давления рефлекторно тормозит дыхательные движения вследствие раздражения рецепторов каротидного синуса. Напротив, падение артериального давления вызывает учащение дыхания и изменение его глубины.

Дыхательный центр, его функция.

Регуляция работы дыхательной системы осуществляется путем контроля частоты дыхательных движений и глубины дыхательных движений (дыхательный объем).

Инспираторные и экспираторные мышцы иннервируются мотонейронами, располагающимися в передних рогах спинного мозга. Активность этих нейронов контролируется нисходящими влияниями продолговатого мозга и коры больших полушарий.

В стволе мозга располагается нейронная сеть (центральный дыхательный механизм), состоящая из следующих нейронов:

- Инспираторные нейроны – активируются в фазу вдоха, аксоны этих нейронов не покидают пределов ствола мозга, образуя нейронную сеть.

- Экспираторные нейроны – активируются в фазу выдоха, являются частью нейронной сети ствола мозга.

- Бульбоспинальные инспираторные нейроны – нейроны ствола мозга, которые посылают свои аксоны к мотонейронам инспираторных мышц спинного мозга.

Ритмические изменение активности нейронной сети – ритмические изменения активности бульбоспинальных нейронов – ритмические изменения активности мотонейронов спинного мозга – ритмическое чередование сокращений и расслаблений инспираторных мышц – ритмическое чередование вдоха и выдоха.

Рецепторы растяжения – располагаются среди гладкомышечных элементов бронхов и бронхиол. Активируются при растяжении легких. Аfferентные пути следуют в продолговатый мозг в составе блуждающего нерва.

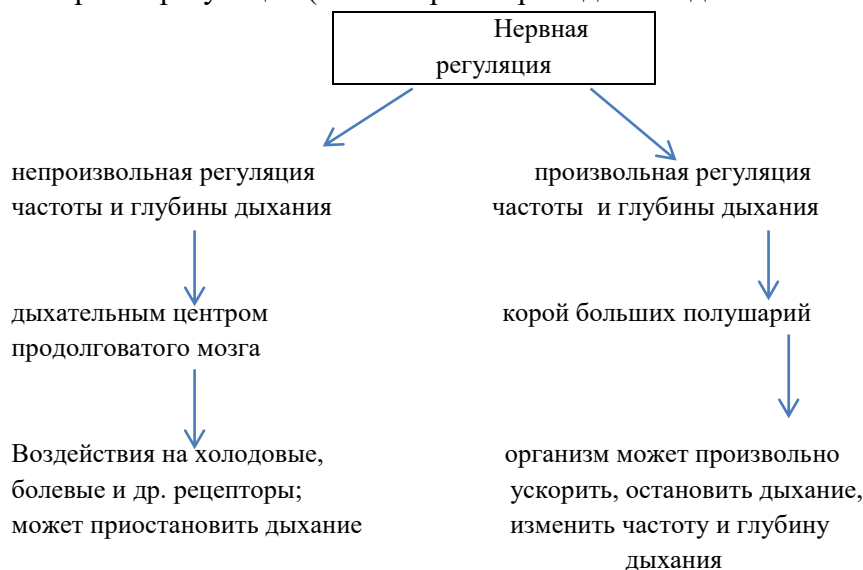
Периферические хеморецепторы образуют скопления в области каротидного синуса (каротидные тельца) и дуги аорты (аортальные тельца). Активируются при снижении напряжения O_2 , повышении напряжения CO_2 и повышении концентрации H^+ . Аfferентные пути следуют в дорсальную часть ствола мозга в составе IX пары черепно-мозговых нервов.

Центральные хеморецепторы расположены на вентральной поверхности ствола головного мозга. Активируются при увеличении концентрации CO_2 и H^+ в спинномозговой жидкости.

Нервная и гуморальная регуляция дыхания

Регуляция дыхания осуществляется рефлекторно и включает несколько механизмов:

1. нервная регуляция (главная роль принадлежит дыхательному центру).



2. Гуморальная регуляция (определяющим фактором служит концентрация диоксида углерода в крови).



Дыхательный центр головного мозга представлен инспираторным центром (группа нервных клеток, управляющих вдохом), экспираторным центром (центр выдоха) и пневмотаксическим центром, который регулирует работу инспираторного и экспираторного центров. Центры вдоха и выдоха расположены в продолговатом мозге, а пневмотаксический центр — в верхней части варолиева моста среднего мозга.

Нервные импульсы, возникающие в дыхательном центре продолговатого мозга, передаются к подчиненным двигательным центрам спинного мозга или двигательным центрам блуждающих и лицевых нервов. При нормальном дыхании регулирующие

импульсы из центра вдоха поступают к межреберным мышцам и диафрагме, вызывая их сокращение, что приводит к увеличению объема грудной клетки и поступлению воздуха в легкие. Увеличение объема легких возбуждает рецепторы растяжения, расположенные в стенках легких, импульсы от них по центроостремительным нервам поступают в центр выдоха. Раздражение нейронов этого центра подавляет активность нейронов центра вдоха, и поток нервных импульсов к дыхательным мышцам прекращается. Межреберные мышцы расслабляются, объем грудной полости уменьшается, и воздух из легких вытесняется наружу.

На деятельность дыхательного центра также оказывают влияние сигналы, идущие от верхних дыхательных путей. Рецепторы в носовых ходах иннервируются обонятельным и тройничным черепными нервами, и они чувствительны к разным химическим веществам, а также к механическим раздражителям. Реакция на их стимуляцию варьируется от апноэ до чиханья.

На дыхание оказывают влияние и артериальные рецепторы. В артериальной и венозной системах большого круга кровообращения локализуются механорецепторы, при возбуждении которых возникают многообразные реакции. Если повышается артериальное давление, то усиливается раздражение прессорных рецепторов каротидного синуса и дуги аорты, что сопровождается незначительным торможением деятельности дыхательного центра и уменьшением вентиляции легких. При снижении артериального давления, вследствие ослабления раздражения этих рецепторов, вентиляция легких, наоборот, увеличивается.

Определяющим фактором, влияющим на уровень дыхательных движений в организме, служит концентрация диоксида углерода в крови. Повышение содержания CO_2 увеличивает возбудимость структур дыхательного и пневмотаксического центров, в результате чего усиливается дыхание.

Различаются две группы хеморецепторов, регулирующих дыхание: периферические (артериальные) и центральные (медуллярные). Артериальные хеморецепторы находятся в каротидных синусах и дуге аорты, именно они сигнализируют в дыхательный центр о содержании кислорода и диоксида углерода в крови.

7. Особенности дыхания у птиц

Дыхание у птиц отличается как в морфологическом, так и в функциональном отношении:

1. Нет диафрагмы.
2. Грудная кость заходит далеко назад и закрывает часть грудной полости.
3. Длинная трахея.
4. Легкие невелики, лежат между ребрами прочно срослись с позвонками.
5. Воздухоносные мешки – размещаются между петлями кишок, вокруг сердца и отростками заходят в трубчатые кости.

Трахея разделяется на два бронха, которые проходят через легкие и соединены с воздухоносными мешками.

При вдохе воздух поступает в легкие, где происходит газообмен и проходит далее в воздухоносные мешки. При выдохе – из воздухоносных мешков снова в легкие, т.е. газообмен происходит во время вдоха и выдоха.

Функции воздухоносных мешков:

1. Создают резерв воздуха, необходимого для дыхания.
2. Меняют центр тяжести.
3. Уменьшают массу тела при полете и плавании.
4. Теплорегулирующая функция.
5. Способствуют акту дефекации при полете.

Контрольные вопросы:

1. Что такое процесс дыхания?
2. Назовите кратко анатомическое строение дыхательной системы?
3. Что является морфологической и функциональной единицей легких?
4. Какой физический процесс лежит в обеспечении перемещение кислорода из внешней среды к клеткам и углекислого газа в обратном направлении?
5. Какие функции выполняют воздухоносные пути?
6. Назовите порядок течения процессов вдоха и выдоха?
7. Какие у животных существуют типы дыхания?
8. Что называется вентиляцией легких?
9. Что называют дыхательным, дополнительным и резервным объемом легких?
10. Что такое жизненную емкость легких?
11. Назовите газовый состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха?
12. Что называют тканевым дыханием?
13. Какая взаимосвязь между дыханием и кровообращением?
14. Функции дыхательного центра головного мозга?
15. Что является определяющим фактором нервной регуляции дыхания?
16. Что является определяющим фактором гуморальной регуляции дыхания?
17. Назовите основные особенности дыхания у птиц?

Лекция 6: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ПИЩЕВАРЕНИЯ»

Вопросы:

1. Сущность пищеварения.
2. Основные функции органов пищеварения.
3. Виды обработки корма в пищеварительном тракте.
4. Роль ферментов ЖКТ в переваривании белков, жиров и углеводов.
5. Пищеварение в полости рта.
6. Общая характеристика однокамерного желудка.
7. Состав и свойства желудочного сока.
8. Сложнорефлекторная и нейрогуморальная фазы секреции желудочного сока.
9. Выделение желудочного сока на различные корма.
10. Моторная функция желудка, ее регуляция.
11. Особенности желудочного пищеварения у лошадей, свиней.
12. Преджелудки жвачных и их функции.
13. Жвачка и жвачные периоды.
14. Роль микроорганизмов в рубцовом пищеварении.

15. Переваривание в рубце клетчатки, крахмала, белков. Биосинтез белков, гликогена, витаминов.
16. Пищеварение в сычуге. Переход содержимого из желудка в кишечник.
17. Пищеварение в тонком кишечнике.
18. Поджелудочная железа и методы изучения ее секреции.
19. Роль ферментов поджелудочного сока в гидролизе питательных веществ в кишечнике.
20. Нейрогуморальный механизм поджелудочного сокоотделения.
21. Желчь, ее состав и значение в пищеварении.
22. Нервно–гуморальная регуляция образования и выведения желчи.
23. Состав и значение кишечного сока.
24. Моторная функция кишечника.
25. Переваривание корма в толстом отделе кишечника у сельскохозяйственных животных. Пищеварительные процессы в слепой кишке лошади.

1. Сущность пищеварения

Пищеварение – это сложный процесс, в результате которого корм, поступив в пищеварительный канал, подвергается физической, химической и биологической обработке, превращается из сложных химических соединений в простые, доступные для всасывания в кровь и лимфу.

В процессе жизни организм расходует энергию, изнашиваются клетки. Все это пополняется за счет принимаемого корма, в состав которого входят белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины и вода.

Сущность пищеварения состоит в расщеплении сложных питательных веществ до более простых, доступных и легко усваиваемых организмом. Эти процессы происходят в системе органов пищеварения животных которую условно разделяют на 3 отдела:

- 1). передний – ротовая полость с вспомогательными органами, глотку и пищевод;
- 2). средний – желудок и отдел тонкого кишечника;
- 3). задний – отдел толстого кишечника.

Пищеварительный тракт включает также застенные пищеварительные железы – слюнные, поджелудочную и печень – секреты которых изливаются в просвет ЖКТ.

2. Основные функции органов пищеварения

1. Секреторная – выработка и выделение железистыми клетками пищеварительных соков (слюны, желудочного, поджелудочного, кишечного, желчи) содержащих ферменты и факторы, обеспечивающие их высокую активность.

2. Моторно–двигательная – осуществляется мускулатурой пищеварительного аппарата, обеспечивает измельчение, перемешивание с пищеварительными соками и перемещение пищи по отделам кишечника.

3. Всасывательная – перенос конечных продуктов переваривания воды, солей, витаминов через слизистую оболочку из полости пищеварительного тракта во внутреннюю среду организма (кровь, лимфа).

4. Экскреторная (выделительная) – выделение из организма некоторых продуктов обмена (метаболитов, солей тяжелых металлов, лекарственных веществ).

5. Инкреторная – специфические клетки слизистой оболочки желудка и поджелудочной железы выделяют гормоны, стимулирующие или тормозящие функции органов пищеварения.

6. Защитная – обеспечивающаяся барьерной функцией ЖКТ, осуществляющей защиту организма от вредных агентов.

7. Рецепторная (анализаторная) – хемо и механорецепторные поля внутренних поверхностей органов пищеварительного тракта могут быть общими для рефлекторных дуг висцеральных систем и соматических рефлексов.

8. Участие в гемопоэзе – желудочными железами вырабатывается геламин – внутренний фактор Кастла, необходимый для всасывания витамина В12. Слизистая желудка, тонкого кишечника, клетки печени (наряду с костным мозгом и селезенкой являются депо ферритина – белкового соединения железа, участвующего в синтезе гемоглобина).

3. Виды обработки корма в пищеварительном тракте

На всем протяжении ЖКТ корм подвергается соответствующей обработке.

1. Механическая обработка – заключается в измельчении корма в процессе жевания, перетирание в ЖКТ при передвижении. На корм, который хорошо обработан, лучше действуют пищеварительные соки.

2. Физико–химическая обработка – действие HCl, желчи способствует набуханию частиц корма, увеличению их поверхностного натяжения, что активизирует деятельность ферментов.

3. Биологическая обработка – это процессы последовательного ферментативного расщепления питательных веществ из сложных до более простых, которые происходят под влиянием ферментов, имеющих в ЖКТ.

4. Роль ферментов ЖКТ в переваривании белков, жиров и углеводов

Ферменты – вещества белковой природы, способные значительно ускорять химические реакции.

Ферменты в ЖКТ – гидролизуют, т.е. расщепляют структурные компоненты белков, жиров и углеводов. Эти ферменты относятся к классу гидролаз.

а. гликолитические (амилаза, лактаза, сахараза);

б. протеолитические (пепсин, химозин, трипсин, энтерокиназа и др.);

в. липолитические (липаза, фосфолипаза А, щелочная фосфата).

Следует помнить, что ферменты ЖКТ животного строго специфичны. По специфичности ферменты подразделяются на:

а. эндоферменты (действуют на внутренние связи молекул субстрата);

б. экзоферменты (отщепляют молекулы от конечных цепей субстрата).

Пищеварительные ферменты объединены в строго координированные системы. Регулируются эти системы нейрогуморальным путем в соответствии с составом кормовых средств.

Активность зависит от:

- 1) pH среды;
- 2) температуры.

Конечные продукты гидролиза белков – аминокислоты; жиров – жирные кислоты и глицерин; углеводов – гексозы, пентозы; нуклеиновых кислот – пуринов, пиримидинов, рибозы, дезоксирибозы и фосфата.

5. Пищеварение в полости рта

Прием корма животными осуществляется при помощи разнообразных пищевых реакций:

- а. пищевое возбуждение;
- б. отыскивание и выбор корма;
- в. захват корма;
- г. пережевывание;
- д. формирование пищевого кома;
- е. проглатывание.

Различные животные захватывают корм языком и зубами.

Следующая пищевая реакция – пережевывание корма или механическая обработка его осуществляется у большинства млекопитающих животных зубами.

Регуляция жевания – рефлекторный процесс.

Для облегчения жевания и смачивания пищи в ротовую полость открываются протоки трех пар слюнных желез: околоушные, подъязычные, подчелюстные и ряд мелких желез щек, губ, слизистой языка, твердого и мягкого неба. Смесь секретов всех этих желез представляет прозрачную, тянущуюся нитями жидкость, которая содержит 99% H₂O и 1% минеральных и органических веществ – **слюну**.

Удельный вес слюны 1,002...1,012, реакция слабощелочная (pH 7,4 – 8,1). Из минеральных веществ в слюне находятся карбонаты натрия, хлориды, сульфаты, калий, кальций и ряд продуктов обмена – аммиак, углекислый газ, мочевины. Органические вещества представлены главным образом белками. К ферментам, которые находятся в слюне большинства млекопитающих относятся: амилаза (расщепляет крахмал до мальтозы) и мальтаза (расщепляет мальтозу до глюкозы).

Слюна выделяется при попадании раздражителя в ротовую полость – безусловно-рефлекторное слюноотделение, а также при виде и запахе корма – условно-рефлекторное слюноотделение.

Различают натуральные пищевые рефлексы, которые вырабатываются в процессе жизни при виде и потреблении корма.

Работа слюнных желез приспособляется к виду, запаху, количеству и качеству пищи. После пережевывания и смачивания слюной пищевой ком проглатывается. Глотание – сложный рефлекторный акт, при помощи которого пища переводится из ротовой полости в желудок.

Акт глотания представляет собой цепь последовательных взаимосвязанных этапов, которые можно разделить на три группы:

1. Ротовую (произвольная).
2. Глоточную (непроизвольная, быстрая).

3. Пищеводную (непроизвольную, медленную).

Центр глотания через ретикулярную формацию связан с другими центрами продолговатого и спинного мозга, возбуждение которого в момент глотания вызывает торможение деятельности глотательного центра и снижение тонуса блуждающего нерва. Это сопровождается остановкой дыхания и учащением сердечных сокращений.

Затем пища попадает в желудок, где подвергается дальнейшей химической, физической и биологической обработке.

6. Общая характеристика однокамерного желудка

Желудок – полый орган пищеварительного тракта, являющийся органом белкового пищеварения и пищевого депо. Здесь под влиянием желудочного сока происходит частичное переваривание пищи и всасывание.

Функции желудка:

1. Депонирование пищи.
2. Секреторная – отделение желудочного сока, обеспечивающего химическую обработку пищи.
3. Двигательная – перемешивание пищи с пищеварительными соками и ее передвижение порциями в двенадцатиперстную кишку.
4. Всасывания в кровь незначительных количеств веществ, поступивших с пищей. Вещества, растворимые в спирту, всасываются в значительно больших количествах.
5. Экскреторная – выделение вместе с желудочным соком в полость желудка метаболитов (мочевина, мочевая кислота, креатинин).
6. Инкреторная – образование активных веществ (гормонов), принимающих участие в регуляции деятельности желудочных и других пищеварительных желез (гастрин, гистамин, соматостатин).
7. Защитная – бактерицидное и бактериостатическое действие желудочного сока и возврат недоброкачественной пищи, предупреждающей ее попадание в кишечник.

Состав сока соответствует количеству и качеству пищи. Секреторная активность координирована с моторной. Стенка желудка имеет четыре слоя:

1. Серозный.
2. Мышечный.
3. Слизистый
4. Подслизистый.

В слизистой желудка находится до 14 млн. мелких желез. Они рассеяны неравномерно. В области малой кривизны желудка, в дне и теле желудка железы состоят из трех видов клеток:

1. главные или пепсиновые клетки выделяют сок, содержащий ферменты. Они составляют основную массу паренхимы железы;
2. обкладочные – вырабатывают соляную кислоту. Они разбросаны вдоль железистой трубки и окружены сетью капилляров. Железы области привратника не имеют обкладочных клеток, т.е. в пилорической части соляная кислота не образуется;
3. добавочные, или слизистые, и покровно-эпителиальные клетки вырабатывают слизистый секрет. Добавочные клетки при определенных условиях могут выделять серозный секрет, а не слизистый.

В зависимости от строения слизистой оболочки и вида железистых клеток в желудке выделяют следующие зоны:

1. Кардиальная зона примыкает к пищеводу. В этой зоне имеются только железы, которые вырабатывают только слизь.

2. Фундальная зона имеет трубчатые железы гетерокринного типа, которые вырабатывают различный секрет. Главные клетки этих желез вырабатывают желудочный сок, содержащий ферменты. Их еще называют пепсиновыми клетками. Обкладочные клетки вырабатывают HCl, а слизистые и эпителиальные – слизистый секрет.

3. Пилорическая зона – эта зона, где находится пилорус – отверстие, через которое содержимое желудка переходит в кишечник. В этой зоне отсутствуют обкладочные клетки, следовательно, соляная кислота не вырабатывается.

7. Состав и свойства желудочного сока

Чистый желудочный сок представляет собой прозрачную жидкость кислой реакции (рН 1–2,5), содержит 99,2–99,4% воды и 0,6– 0,8% сухого вещества. В состав сухого вещества входят: соляная кислота, натрий, калий, кальций, магний, фосфор, небольшое количество сульфатов. Органическими веществами желудочного сока являются белки, ферменты, АТФ, мочевины, мочевая кислота.

Желудочный сок обладает протеолитической активностью в широком диапазоне рН оптимума действия рН 1,5–2,0 и 3,2–4. и содержит 7 видов пепсиногенов – пепсин (общее название).

Пепсиноген в виде гранул поступает в просвет желудка где под действием HCl происходит отщепление белкового комплекса, а потом уже под действием уже образовавшегося пепсина активация ингибитора происходит аутокаталитически.

Лизис белков – по пептидной связи образованными между группами фенилаланина, тирозина, триптофана белок распадается на пептоны, пептиды. Особенно гидролиз коллагена – основных волокон соединительной ткани.

Основные пепсины желудочного сока:

1. Пепсин А (рН 1,5–2,0) – (в мочу уропепсин).
2. Гастрин, пепсин С, желудочный катепсин (рН 3,2–3,5).
3. Пепсин В, парапепсин желатиназа расщепляет желатину, белки соединительной ткани.
4. Ренин, пепсин D химозин – расщепляет казеин молока.
5. Непротеолитические ферменты – желудочная липаза.
6. Лизоцим.

В желудочном соке содержится соляная кислота в свободном состоянии в концентрации 0,1–0,5%. Она выполняет следующие функции:

1. Стимулирует секреторную активность желез желудка.
2. Способствует превращению пепсиногена в пепсин путем отщепления ингибирующего белкового комплекса.
3. Создает оптимум рН для действия протеолитических ферментов.
4. Вызывает денатурацию и набухание белков, что способствует их расщеплению ферментами.
5. Антибактерицидное действие.

6. Участвует в секреции тел и прилегающих желез, стимулируя образование гастроинтестинальных гормонов (гастрина, секретина).

7. Участвует в створаживании молока.

8. Участвует в пилорическом рефлекс (открывает и закрывает пилорический сфинктер).

Обязательным компонентом желудочного сока является слизь. Она продуцируется добавочными клетками (мукоцитами). В состав входят – мукополисахариды, сиаломуцины, гликопротеины и гликаны.

Нерастворимая слизь (муцин) является продуктом секреторной активности добавочных клеток (мукоциты) и клеток поверхностного эпителия желудочных желез. Муцин освобождается через апикальную мембрану, образует слой слизи, обволакивающий слизистую оболочку желудка и препятствующий повреждающим воздействием экзогенных факторов. Этими же клетками одновременно с муцином продуцируется бикарбонат. Образующийся при взаимодействии муцина и бикарбоната муцинобикарбонатный барьер предохраняет слизистую от аутолиза при воздействии HCl и пепсина.

8. Сложнорефлекторная и нейрогуморальная фазы секреции желудочного сока

Рефлекторная фаза желудочного сокоотделения связана с действием пищевых безусловных раздражителей на органы чувств, рецепторы слизистой оболочки ротовой полости, глотки, пищевода и желудка. От рецепторов импульсы передаются в продолговатый мозг

– центр пищеварения → далее в кору головного мозга, а затем из ЦНС на железы стенки желудка.

Условные раздражители: цвет, запах воспринимаемый органами чувств – приводит к образованию временного коркового центра, от которого поступают на центр безусловного пищевого рефлекса, в кору головного мозга. Из ЦНС импульсы по парасимпатическому или симпатическому нервам поступают в желудок. Ответная реакция на раздражитель наступает через 5 – 10 мин. Рефлекс можно затормозить. Сок в рефлекторную фазу обладает большей ферментной активностью.

Химическая нейрогуморальная – весь период раздражением слизистой желудка химическими экстрактивными веществами (жирные кислоты, витамины, микроэлементы и гормоны).

9. Выделение желудочного сока на различные корма

Желудочные железы тонко приспособляются к виду, качеству корма и способу приготовления его к скармливанию. При этом изменяется характер секреции, количество и качество сока.

Длительное содержание животных на углеводном рационе снижает желудочное сокоотделение, в котором мало ферментов. При белковом питании (концентратный рацион) большое количество сока выделяется во второй фазе. Сок богат ферментами. Содержание в рационе жира тормозит сокоотделение в первой фазе, во второй – секреция повышена.

При патологии выделения желудочного сока может быть повышено (гиперсекреция) и понижено (гипосекреция). Гиперсекреция наблюдается при хроническом гастрите, закупорке желчных протоков. Повышенное выделение желудочного сока наблюдается и при механическом повреждении слизистой желудка.

Гипосекреция бывает при атрофии и перерождении железистого аппарата желудка, воспалениях, хронических анемиях.

Для получения высокой продуктивности недостаточно только обеспечить животных кормами, надо, чтобы эти корма эффективно использовались животными. Для этого в практике кормления обращают внимание на состав рациона и поедаемость.

10. Моторная функция желудка, ее регуляция

Моторика желудка – движение стенок желудка, обеспечивающее смешивание пищи с желудочным соком ее депонирование, перемещение и порционную эвакуацию содержимого желудка в 12–перстную кишку. В желудке различают периодические сокращения продолжительностью 10–13 минут с периодами покоя 1–1,5 ч.

После приема пищи возникают 3 вида движений:

1. Перистальтические волны.
2. Систолические сокращения пилорической части.
3. Сокращение дна и тела желудка с уменьшением размера его полости.

Тоническое сокращение – это длительное напряжение мускулатуры. Они главным образом уменьшают полость желудка и отжимают содержимое в сторону кишечника. Благодаря тоническим сокращениям пустой желудок не имеет полости.

Моторика желудка регулируется нейрогуморальным механизмом. Усиление сокращения, как правило, сопровождается повышенной секрецией желудочных желез.

Раздражение блуждающих нервов, введение ацетилхолина усиливает моторику, симпатические нервы и адреналин – тормозят.

По мере обработки пищи в желудке происходит постепенный переход ее в кишечник. Содержимое желудка поступает отдельными порциями и зависит от состояния кишечника, наполнения желудка, реакции содержимого, его состава, консистенции. Так, грубая пища задерживается более продолжительное время, теплая быстрее эвакуируется, чем холодная, углеводистая быстрее, чем белковая, жирная задерживается длительное время, щелочная эвакуируется из желудка через 10–12 ч. В открытии и закрытии пилорического сфинктера принимает участие соляная кислота. Это акт рефлексорный. Соляная кислота со стороны желудка открывает, а со стороны кишки закрывает сфинктер. При перерезке блуждающих нервов рефлекс исчезает. Наполнение двенадцатиперстной кишки тормозит движение желудка и замедляет переход содержимого в кишечник.

11. Особенности желудочного пищеварения у лошадей, свиней

У разных животных с однокамерным желудком имеется ряд особенностей желудочного пищеварения.

У свиньи отличительной особенностью желудочного пищеварения является то, что в желудке одновременно идут параллельно два процесса: протеолитическое и амилолитическое расщепление корма. Амилолитический процесс, т.е. расщепление

углеводов, происходит в основном в кардиальной части желудка и в слепом мешке. В этой зоне практически не выделяются соляная кислота и пепсин. Сбраживанию углеводов в желудке свиньи способствует и то обстоятельство, что корм в желудке у нее располагается слоями и он слабо перемешивается. Желудочная секреция у свиней происходит непрерывно. Вид, запах и прием корма усиливают выделение желудочного сока. Желудочный сок свиньи содержит больше свободной соляной кислоты (до 0,35%). Имеется слепой мешок (дивертикул). Емкость желудка свиньи 4–5 л.

У лошади желудок однокамерный, но сложный. Также имеется слепой мешок, слизистая оболочка, которая не имеет желез. В желудке есть небольшая, узкая зона кардиальных желез, фундальные железы расположены только в одной части желудка. Имеется большая зона пилорических желез. В связи с особенностями строения и расположения желудочных желез в желудке происходят процессы сбраживания корма. В желудочном соке мало соляной кислоты (0,14%). Секреция желудочного сока у лошадей непрерывная. Даже при голодании пустой желудок за сутки выделяет 25–30 л желудочного сока.

Желудочный сок лошади обладает высокой переваривающей способностью благодаря пепсину, химозину и желудочной липазе. Наибольшее количество желудочного сока с высокой переваривающей способностью выделяется у лошадей при кормлении их овсом, клеверным сеном, гранулированным комбикормом, слабое – при кормлении картофелем, свеклой, сеном луговым.

У лошади так же, как и у свиньи, корм в желудке располагается послойно, так как слепой мешок обладает слабой моторной активностью. При кормлении грубым кормом у лошади в кардиальной и фундальных частях желудка откладываются плотные массы, и только в пилорической части содержимое разжижается, и активно перемешивается. В слепом мешке происходит сбраживание углеводов под действием ферментов слюны, корма и микроорганизмов. 30% крахмала, поступившего с кормом, в желудке лошади переваривается в течение первых трех часов. Расщепление клетчатки не происходит. В фундальной и пилорической части происходит расщепление белка – 50% белка переваривается в желудке лошади в первые 5 часов. Типы сокращений желудка лошади такие же, как и у других животных.

12. Преджелудки жвачных и их функции

Желудок жвачных многокамерный. Состоит из сетки, рубца, книжки и сычуга. Каждый отдел имеет свои функциональные и морфологические особенности. Собственно, желудок у жвачных – сычуг, остальные камеры – преджелудки. Слизистая оболочка преджелудков покрыта плоским неороговевающим эпителием, никаких желез в преджелудках жвачных нет.

Сокращения преджелудков координированы между собой и происходят в таком порядке: сетка, преддверие рубца, дорсальный мешок рубца, вентральный мешок рубца.

Рубец – самый большой по объему: у КРС – до 300л, у овец – 20л. Содержимое в нем располагается послойно, на слизистой оболочке этого отдела имеется множество сосочков различной величины, в пространстве между которыми развиваются микроорганизмы.

Рубец занимает всю левую половину брюшной полости, а вентральной частью заходит даже в правую. Он сокращается 2–5 раз за 2 мин.

Кратковременное прекращение работы преджелудков нарушает пищеварительные процессы и может вызвать гибель животного.

Гипотония – снижение тонуса стенок сосудов с уменьшением силы или частоты сокращений преджелудков. Она возникает при даче большого количества концентратов, быстрой смене рационов, скармливании заплесневелых кормов.

Поедание жвачными животными кормов, способных к быстрому сбразиванию (клевер, люцерна), вызывает тимпанию – переполнение рубца газами, которые не отрываются. Если животному не будет оказана помощь, оно погибнет.

Рубец делится на два мешка – дорсальный и вентральный.

От дорсального мешка складкой отделяется преддверие рубца, в который открывается пищевод, далее переходит в пищеводный желоб.

У жвачных животных стенками преджелудков – рубцом, сеткой и книжкой – никаких пищеварительных ферментов не вырабатывается.

В период сокращения рубца, сетка находится в расслабленном состоянии и сюда поступает содержимое рубца. При сокращении сетки достаточно измельченный корм поступает в книжку, а грубые частицы остаются в сетке и переходят в рубец.

В книжке различают 4 вида листочков: большие, средние, малые и самые малые. Между листочками имеются своеобразные ниши, где может задерживаться содержимое. Поверхность слизистой оболочки книжки равна поверхности слизистой сетки и рубца вместе взятых. В книжку из сетки постоянно в виде струек поступает хорошо измельченное содержимое. Примерно 1/3 – непосредственно переходит в сычуг, а остальное задерживается между листками книжки.

13. Жвачка и жвачные периоды

Жвачка – это повторное пережевывание кома после его обработки в рубце и сетке. Во время жвачки корм смачивается слюной и поступает в рубец в кашицеобразном состоянии. Процесс жвачки продолжается около 1 мин, затем масса проглатывается и отрывается новая порция массы преддверия рубца. На жвачный процесс в среднем за сутки жвачные затрачивают 7–9 ч.

Жвачный период состоит из отдельных жвачных циклов продолжительностью 40–70 секунд.

Каждый жвачный цикл включает следующие фазы:

1. Отрывание пищевого кома.
2. Поступление кормовой массы в ротовую полость с отжатию и заглатыванием избыточной жидкости.
3. Вторичное пережевывание и заглатывание пищевого кома.

Биологическое значение жвачки:

1. Происходит дополнительное измельчение и расщепление корма, который разбухает.
2. Увеличивает выделение слюны из околушной слюнной железы – рН оптимальное.
3. Усиливает переход содержимого в книжку и сычуг.

Регулирует жвачный процесс жвачный центр, который расположен в ядрах продолговатого мозга. Кроме того, в регуляции этого процесса принимают участие гипоталамус, лимбическая кора и премоторная зона коры головного мозга.

Все преджелудки (сетка, рубец, книжка) непрерывно и согласованно сокращаются. Сетка сокращается периодически через 30–70 с. За сеткой сокращается рубец. При наполнении преджелудков моторная функция усиливается. Она зависит от наполнения сычуга, тонкого и толстого отделов кишечника и химических свойств содержимого желудочно–кишечного тракта.

Раздражение барорецепторов книжки и сычуга тормозит сокращение рубца и сетки и процесс отрыгивания прекращается. После перехода содержимого из книжки и сычуга в кишечник акт жвачки снова повторяется.

Ведущая роль в регуляции жвачного процесса принадлежит блуждающему нерву. При перерезке блуждающих нервов прекращается. У телят и ягнят преджелудки в морфологическом и функциональном отношении недоразвиты. У них рубец, сетка и книжка после рождения меньше половины сычуга. К 3 мес рубец и сетка больше книжки и сычуга в 4 раза. К 6–месячию–му возрасту пищеварительные процессы у телят соответствуют этим процессам у взрослых животных.

В практике животноводства для стимуляции роста преджелудков у телят пользуются следующими приемами:

- 1) смачивают сennым настоем корм вместо воды;
- 2) дают хорошее злаковое сено, запаренное соленой водой;
- 3) подкармливают тиамином (витамин В1) в количестве 8–15 мг в сутки 3–4 раза при поении, дают пропионовую кислоту, которая стимулирует развитие ворсинок в рубце;
- 4) используют метод наставничества: к молодым телятам помещают в станок или рядом телят в возрасте 2–4мес;
- 5) скармливают телятам жвачку, полученную от коров.

У телят, ягнят и козлят в первые дни жизни пищеварительные процессы происходят так же, как и у животных с однокамерным желудком. Молоко после проглатывания по пищеводному желобу попадает в сычуг.

Пищеводный желоб – полузамкнутая трубка, является продолжением пищевода и идет по дну сетки до входа в книжку и сычуг.

При сосании или питье молока раздражаются рецепторы ротовой полости, возбуждение поступает в продолговатый мозг, где находится центр пищеводного желоба, а оттуда по блуждающим нервам – к стенкам желоба, которые смыкаются и образуют трубку, по которой молоко поступает в сычуг.

С 3–недельного возраста начинают функционировать преджелудки, стенки пищеводного желоба грубеют, значение пищеводного желоба и его рефлекса снижается. Медленная выпойка способствует лучшему смешиванию молока в ротовой полости со слюной и хорошему перевариванию в сычуге и кишечнике. При поении телят из ведра или из сосковой поилки, у которых большое отверстие, молоко плохо смешивается со слюной, а большие порции не вмещаются в пищеводной трубке и частично молоко попадает в рубец, где загнивает. В сычуге образуется плотный сгусток, который плохо переваривается.

Пищеварительные процессы нарушаются, начинается понос и, если не будет оказана квалифицированная помощь, теленок может погибнуть.

14. Роль микроорганизмов в рубцовом пищеварении

В преджелудках жвачных под действием микроорганизмов происходит гидролиз питательных веществ, синтез белка и витаминов.

В рубце нет пищеварительных желез. Корм переваривается под действием микроорганизмов. В нем содержатся бактерии и инфузории. Каждая группа микроорганизмов имеет большое количество видов, которые меняются при смене рационов. Эти особенности необходимо учитывать при включении в рацион нового корма, т. е. замену одного корма другим надо проводить постепенно на протяжении 3–4 дней.

Под действием микроорганизмов в преджелудках расщепляется 95% сахаров и крахмала, 70% клетчатки (30% в толстом кишечнике) и 40–80% протеина.

Микроорганизмы синтезируют витамины группы В, К, никотиновую, фолиевую и пантотеновую кислоты.

Бактерии, населяющие рубец, подразделяются на: истинно рубцовые и попутные. В 1 г плотной части содержимого их около 10 млрд.

Самыми важными микроорганизмами рубца являются целлюлозолитические бактерии. Максимум их в рубце телят наблюдается к 2–3-месячному возрасту, когда животные переходят на питание грубыми кормами. Молочнокислые бактерии сбраживают сахара (глюкозу, мальтозу, галактозу, сахарозу).

Стрептококки расщепляют крахмал. Высокая их активность бывает при концентратных рационах и наличии легкоферментируемых углеводов. Протеолитические бактерии вырабатывают ферменты протеазы, которые расщепляют протеины корма.

Количество инфузорий в 1 мл содержимого – более 1 млрд., они участвуют в переваривании клетчатки, крахмала и белков.

В процессе жизни инфузории накапливают полисахариды, участвуют в азотистом обмене. В них содержится около 20% азота, тогда как в бактериях – 12%. Они синтезируют незаменимые аминокислоты. Биологическая ценность белка простейших составляет около 90%.

15. Переваривание в рубце клетчатки, крахмала, белков. Биосинтез белков, гликогена, витаминов

Переваривание клетчатки. Клетчатка содержится в растительных кормах в количестве от 20 до 45%. В зеленых кормах ее до 20%, в силосованных – до 30%, столько же в хорошем сене и до 45% – в соломе. В состав клетчатки входят: целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и др. Основное питательное значение имеет целлюлоза. Пищеварительные соки не содержат ферментов, расщепляющих клетчатку. Ее гидролиз происходит в рубце и толстом кишечнике под действием микроорганизмов. Клетчатка в рубце расщепляется целлюлозо-литическими бактериями до целлобиазы, которая под действием фермента целлобиазы превращается в глюкозу. Моносахариды и дисахариды в рубце сбраживаются до летучих жирных кислот (ЛЖК), главным образом уксусной, пропионовой и масляной. На переваривание клетчатки оказывает влияние содержание белка в рационе, витаминов и некоторых микроэлементов (кобальт, железо, медь, магний и др.).

Переваривание крахмала и сахаров.

Крахмал – полисахарид растений, откладывается в виде зерен в клубнях, корнях, зернах. Так, в зерне пшеницы 71% крахмала, кукурузы –72%.

Крахмал легко расщепляется стрептококками, которые действуют на него с поверхности. Инфузории захватывают зерна крахмала, где он и расщепляется. При распаде крахмала образуются моносахариды, которые сбраживаются до ЛЖК. Простые сахара содержатся в зеленой траве, сахарной свекле, капусте, при расщеплении клетчатки и безазотистых продуктов белков. Все моносахариды в рубце сбраживаются. Вначале они превращаются в пировиноградную кислоту, а затем в молочную, пропионовую, уксусную, масляную и др. У коров за сутки образуется до 4 л ЛЖК. В результате брожения получается большое количество (до 1000 л в сутки) углекислого газа (60–70%), метана (40–30%), небольшое количество азота, водорода, сероводорода и др.

Переваривание белков. В рубце под действием протеолитических ферментов микроорганизмов расщепляется от 40 до 80% белковых веществ корма. Сначала белки корма под действием протеолитических ферментов гидролизуются до пептидов, состоящих не менее чем из двух аминокислот, а затем – до свободных аминокислот. Под действием микроорганизмов аминокислоты подвергаются переаминированию и дезаминированию, в результате чего в содержимом рубца находятся все аминокислоты. Микроорганизмы способны синтезировать белок своего тела из аминокислот корма и аммиака, образовавшегося из протеина корма и азотсодержащих неорганических соединений.

16. Пищеварение в сычуге. Переход содержимого из желудка в кишечник

Сычуг – истинный желудок.

У овец емкость его до 3 л, у коров до 20 л. Слизистая имеет складчатое строение, в нем имеются секреторные железы, которые выделяют сычужный сок, сходный по составу с желудочным соком.

В сычуг постоянно поступает пищевая масса, поэтому и отделение сычужного сока происходит непрерывно. Это поддерживается постоянным раздражением механо– и хеморецепторов сычуга. На различные виды корма выделяется различное количество сока, секреторную функцию сычуга регулируют гормоны щитовидной железы, поджелудочной железы, надпочечников.

Содержимое желудка в кишечник поступает не струей, а отдельными порциями. Этот переход обеспечивается пилорическим сфинктером. Содержимое желудка, имеющее кислую реакцию (благодаря наличию соляной кислоты), раздражает рецепторы пилорической части желудка и пилорический сфинктер открывается, порция химуса поступает в двенадцатиперстную кишку. Реакция в кишечнике становится более кислой вместо слабокислой. Это раздражает рецепторы двенадцатиперстной кишки и рефлекторно происходит закрытие пилорического сфинктера.

Жидкая нища и вода эвакуируются быстрее, а твердая, недостаточно переваренная, задерживается в желудке дольше. Углеводистая пища эвакуируется быстрее белковой и жирной, щелочная — быстрее кислой. За сутки у овец в кишечник поступает 8–10 л, у коров – до 180 л химуса.

17. Пищеварение в тонком кишечнике

Морфологически тонкий кишечник делится на 12–перстную, тощую и подвздошную кишки.

В слизистой имеются секреторные клетки 3 видов:

- бокаловидные энтероциты выделяют слизь,
- базофильные – ферменты,
- эндокринные – гормоны.

В подслизистом слое 12–перстной кишки расположены Бруннеровы железы – выделяющие густой секрет, предохраняющий слизистую оболочку от HCl и желудочного сока.

Длина тонкого кишечника к длине туловища составляет у кошки 4:1; собаки 6:1; кролика 10:1; лошади 12:1; свиньи 14:1; КРС 20:1; овцы и козы 25:1. КРС длина 50 метров.

В тонком кишечнике пищеварение осуществляется в щелочной среде; отличие от желудка где кислая среда необходима для переваривания содержимого.

Величина pH в верхнем отделе 12–перстной кишки – 4,6–6,0, в нижнем 6,0–7,0, тощей и подвздошной 7,5–8,0.

Щелочная среда обусловлена соками поджелудочной железы, желчью, кишечным соком, – оптимум ферментной активности отмечается в щелочной среде.

18. Поджелудочная железа и методы изучения ее секреции

Функция поджелудочной железы

Экзокринная часть поджелудочной железы состоит из сложных альвеолярных желез, напоминающих слюнные. Клетки ацинусов вырабатывают энзимогенные гранулы и жидкую часть секрета, которые выводятся в просвет двенадцатиперстной кишки.

Количество выделяемого за сутки сока у полновозрастных животных в среднем составляет, л

собака	корова	свинья	овца	лошадь	кролик
0,2–0,3	7,0–7,5	7,0–8,0	0,5–0,6	7,5–8,5	0,04–0,05

Органические вещества сока представлены в основном ферментами, неорганические — катионами Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, анионами бикарбоната и хлорида. Реакция сока щелочная (pH 7,2—8,5).

19. Роль ферментов поджелудочного сока в гидролизе питательных веществ в кишечнике

Панкреатический сок содержит протеолитические ферменты — трипсин, хемотрипсин, карбоксипептидазы А и Б, липолитические — липазу и фосфолипазу, амилолитические — α-амилазу, мальтазу, лактазу.

Поджелудочный сок – бесцветная жидкость щелочной реакции (pH 7,8–8,4). В его состав входят минеральные вещества и органические – различные ферменты.

Трипсин расщепляет белки до пептидов и аминокислот. Химотрипсин продолжает расщеплять белки после действия пепсина и трипсина, панкреатопептидаза (эластаза) расщепляет белки соединительной ткани на пептиды и аминокислоты, карбоксинолипептидаза отщепляет от пептидов аминокислоты со стороны свободной карбоксильной группы, дезоксирибонуклеаза расщепляет нуклеиновые кислоты.

К липолитическим ферментам относится липаза. Она расщепляет жиры на глицерин и жирные кислоты, активируется желчью и ионами кальция.

Гликолитические ферменты. Амилаза расщепляет крахмал, гликоген, амилопектин на декстрины и мальтозу; глюкозидаза (мальтаза) расщепляет мальтозу на две молекулы глюкозы, фруктофуридаза (сахараза) расщепляет сахарозу на глюкозу и фруктозу.

Секреция поджелудочного сока у животных непрерывная. Суточное количество его у крупного рогатого скота – 6–7 л, у свиней – 8 л, у овец – 0,5–0,6 л, у лошадей – 7,5–8,5 л.

20. Нейрогуморальный механизм поджелудочного сокоотделения

Регулируется поджелудочная секреция нервно–гуморальным механизмом, в принципе однотипным у всех видов домашних животных. Различия заключаются в том, что у собак и кошек железа секретирует периодически, после приема корма и (или) поступления содержимого в кишечник, а у сельскохозяйственных животных — непрерывно, усиливаясь, как правило, при кормлении. Латентный период сокоотделений (или усиления спонтанной секреции) составляет 2—4 мин.

Различают три взаимосвязанные фазы секреции панкреатического сока: сложнорефлекторную, желудочную и кишечную. Отделение ферментов стимулируется раздражением рецепторов ротовой полости во время сложнорефлекторной (непродолжительной) фазы и усиливается при раздражении рецепторов желудка и выделении гастрина в желудочную фазу. Основная фаза секреции — кишечная — регулируется гуморально, гормонами пищеварительного тракта — гастрином, секретин, холецистокинином (панкреозимином), а также инсулином и простагландинами. Секретин стимулирует в основном выделение жидкой части сока и бикарбонатов, холецистокинин — выделение ферментов. Глюкагон, норадреналин, АДГ угнетают секрецию поджелудочного сока. Совокупное влияние факторов всех трех фаз обуславливает длительную (в течение 3—4 ч) стимуляцию сокоотделения при кормлении животных.

21. Желчь, ее состав и значение в пищеварении

Желчь и ее роль в пищеварении. Желчь вырабатывается в лизосомах гепатоцитов печени и отводится по внутрипеченочным желчным путям (желчным капиллярам, желчным и междольковым протокам), а затем по общему печеночному и пузырному протокам в желчный пузырь. По общему желчному протоку, открывающемуся в двенадцатиперстную кишку, как правило, вместе или рядом с поджелудочным протоком (кроме свиньи и крупного рогатого скота), желчь из пузыря или непосредственно из печени поступает в кишечник.

Желчь секретирруется печенью непрерывно, хотя и с разной интенсивностью; в кишечник она выделяется либо во время пищеварения (собаки, кошки), либо постоянно, независимо от степени заполнения желчного пузыря.

Сокращение пузыря и выброс желчи из него происходят обычно при приеме корма.

Значение желчи:

1. Эмульгирование жиров.
2. Активация липазы, усиление протеолитических и амиолитических ферментов поджелудочной железы.
3. Всасывание жирорастворимых витаминов А, Д, Е, К.
4. Нейтрализация кислого содержимого желудка, препятствует разрушению трипсина пепсином.
5. Бактериостатическое действие на гнилостную микрофлору.

Количество вырабатываемой за сутки желчи составляет, л:

собака	корова	свинья	овца	лошадь	кролик
0,2–0,3	7,0–9,0	2,5–3,0	0,8–1,0	5,0–6,0	0,02–0,03

Различают пузырную и печеночную желчь. Первая (вследствие всасывания в желчном пузыре и выделения муцина его стенками) — более темная, густая, вязкая. Плотность ее 1,030—1,045, содержание воды — 85%, рН 5,5—6,5 (у печеночной желчи соответственно 1,010—1,015, 97,5 %, 7,4—8,0).

Желчеобразовательная и желчеотделительная функции находятся под нейрогуморальным контролем. Стимулируют образование желчи рефлекторные воздействия со стороны желудка и других внутренних органов, реализуемые через блуждающий и диафрагмальный нервы; аналогичным образом действуют секретин и желчные кислоты, находящиеся в крови.

Сокращение желчного пузыря и координированное расслабление сфинктеров осуществляются под влиянием блуждающих нервов при раздражении рецепторов ротовой полости, желудка и двенадцатиперстной кишки.

22. Нервно–гуморальная регуляция образования

Регуляция образования и выделения желчи осуществляется рефлекторным и гуморальным путями.

Рефлекторное образование начинается при поступлении корма в желудок и кишечник при раздражении в них рецепторов, а условно–рефлекторное — при виде корма, запахе и т. д. Центр регуляции находится в продолговатом мозгу. Блуждающие нервы усиливают выделение желчи путем сокращения стенок пузыря, а симпатические замедляют выделение, расслабляя пузырь.

Гуморальная регуляция выделения желчи осуществляется всосавшимися продуктами гидролиза белков, жиров, а также гормоном холецистокинином, образующимся в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки под влиянием соляной кислоты, жирных кислот и других раздражителей.

23. Состав и значение кишечного сока

Кишечный сок представляет собой секрет либеркюновых желез, расположенных в слизистой оболочке на протяжении всего кишечника, и поверхностных бокаловидных

клеток. В двенадцатиперстной кишке к нему примешивается сок подслизистых бруннеровых желез. Кишечный сок имеет щелочную реакцию (рН 8,5—9,0 в двенадцатиперстной кишке, 7,5—8,5 в тощей и подвздошной кишках), содержит ферменты, действующие на пептидные, гликозидные и эфирные связи. К группе пептидаз (пептидгидролаз) относятся лейцинаминопептидаза, аминопептидаза, аминотрипептидаза, действующие на различные пептиды с освобождением аминокислот. Группа гликозидгидролаз представлена мальтазой (α -глюкозидазой), лактазой (α -галактозидазой), сахаразой (β -фрукто-фуранидазой), которые гидролизуют дисахариды до моносахаридов.

Количество выделяемого за сутки кишечного сока составляет, л:

собака	корова	свинья	овцы	лошадь	кролик
0,4–0,6	20–30	4–6	2–4	10–15	0,04–0,05

Регуляция деятельности кишечных желез в значительной мере автономна; она осуществляется при участии механо- и хеморецепторов и интрамуральных сплетений по принципу периферических рефлексов. Гуморальная стимуляция кишечных желез предположительно осуществляется гормоном энтерокинином. Он вырабатывается клетками слизистой при соприкосновении с содержимым и стимулирует в основном отделение жидкой части сока.

Секреторная функция кишечника тесно связана с моторной: усиление моторики способствует выведению сока из крипт и обычно сопровождается повышением сокоотделения.

Содержимое желудка (сычуга), поступающее в двенадцатиперстную кишку, под воздействием поджелудочного сока, кишечного сока и желчи приобретает вид жидкой гомогенной массы, называемой **химусом**.

Кишечный химус является той особой «внутренней средой», через которую реализуется обменная функция пищеварительного тракта и в которой питательные вещества гидролизуются до усвояемых форм.

Биологический смысл пристеночного пищеварения как механизма заключительной стадии переваривания корма заключается в его высокой экономичности, стерильности (бактерии не проникают сквозь слой гликокаликса), эффективном сопряжении процессов переваривания и всасывания.

24. Моторная функция кишечника

Моторика тонкой кишки проявляется разными формами сокращений продольного (наружного) и циркулярного (внутреннего) слоев гладких мышц. Эти сокращения можно разделить на 2 группы: перистальтические и неперистальтические.

Моторная функция кишечника регулируется миогенными, нервными и гуморальными механизмами. Миогенные механизмы имеют в основе автоматизм гладкомышечных клеток, которые способны генерировать биопотенциалы и сокращаться в определенном ритме (задавать ритм). Нервная регуляция моторики осуществляется интрамуральными нервными сплетениями и экстрамуральными (вегетативными) нервами. Нервные сплетения обеспечивают осуществление местных рефлекторных реакций, возникающих при раздражении рецепторов слизистой кишечника его содержимым. Экстрамуральные нервы —

блуждающие и чревной — передают возбуждение через холинергические, адренергические и пуринергические интрамуральные нейроны и соответствующие рецепторы гладких мышц. Парасимпатические нервы (волокна) стимулируют моторику с помощью ацетилхолина, который взаимодействует с Н-холинреактивными структурами вегетативных ганглиев и М-холинреактивными структурами гладких мышц. Симпатические нервы тормозят моторику с помощью норадреналина, взаимодействующего с адренергическими нейронами и адренорецепторами гладких мышц.

Симпатические и парасимпатические нервы являются проводниками и тормозящих и возбуждающих влияний из ЦНС, прежде всего из структур пищевого центра. При действии пищевых раздражителей возникают интероцептивные рефлексy, отражающиеся на моторике кишечника. Гуморальная регуляция моторики осуществляется гормонами и физиологически активными веществами. Стимулируют моторику тонкой кишки окситоцин, гастрин, серотонин, гистамин, простагландины; тормозят — адреналин и норадреналин.

25. Переваривание корма в толстом отделе кишечника у сельскохозяйственных животных. Пищеварительные процессы в слепой кишке лошади

Толстый отдел кишечника состоит из слепой, ободочной и прямой кишки.

Объем его по отношению к объему ЖКТ у жвачных и плотоядных 11–15%, у лошади и кролика – 40–60%.

Не всосавшаяся часть химуса (химус это содержимое тонкого кишечника – однородная жидкая масса, состоящая из питательных веществ корма и пищеварительных соков тонкого кишечника) переходит в начальный участок толстого кишечника через илеоцекальный сфинктер (у лошади и кролика), а у жвачных, свиней и собак – складка слизистой оболочки – клапан. Данные приспособления пропускают содержимое только в одном направлении. Сфинктер открывается периодически каждые 30–60 с и химус небольшими порциями поступает в слепую кишку. Этот процесс осуществляется в результате раздражения рецепторов, в вышележащих отделах пищеварительного тракта. Переваривание питательных веществ в толстом отделе кишечника происходит за счет ферментов, поступающих из тонкого отдела кишечника, ферментов собственных желез (небольшое количество) и активного участия микроорганизмов.

В слизистой оболочке толстых кишок много бокаловидных клеток, выделяющих слизь.

Количество сока, выделяемого собственными железами толстых кишок, составляет 10–15% от количества сока, выделяемого в тонких кишках. Поэтому ферментативные процессы в основном происходят при активном участии микроорганизмов. Здесь создаются благоприятные условия для деятельности целлюлозолитических и протеолитических бактерий, которые расщепляют клетчатку и белки.

Сок слизистой оболочки толстого кишечника (ободочной) выделяемый секреторными клетками имеет щелочную реакцию (рН 7,6–9,0), однако ближе к прямой кишке реакция сока становится кислой. Секрeция сока в этом отделе кишечника (толстом) обусловлена в основном механическим раздражением стенок кишечника.

Функция щелочного сока толстого кишечника:

1. Нейтрализация образующихся кислых продуктов брожения и поддержание оптимальной реакции содержимого кишечника для жизнедеятельности микроорганизмов и активности их ферментов.

2. Окончательный гидролиз клетчатки.

3. Переваривание и усваивание белков.

Переваривание и усвоение белков у лошадей составляет 39%, у крупного рогатого скота и свиней – до 30%. При гидролизе белков образующиеся аминокислоты и аммиак всасываются и используются в организме, а также служат источником азота для синтеза бактериального белка.

Часть белков в толстом отделе кишечника подвергается гниению с образованием сероводорода, индола, скатола, меркаптана и др., которые попадают в кровь и нейтрализуются в печени.

4. Всасывание воды, электролитов и формирование кала. Основное место в превращении питательных веществ рациона принадлежит микрофлоре. В этом отделе кишечника находится огромное количество бактерий (15 млрд на 1г содержимого).

Наличие бактерий – необходимое условие существования животного организма.

Роль микрофлоры:

1. Разложение и утилизация непереваренных остатков корма.

2. Подавление гнилостных процессов (антагонизм между микроорганизмами).

3. Синтез витаминов группы В и витаминов К.

4. Образование иммуноглобулинов (нормализация деятельности иммунной системы).

В толстом отделе кишечника наряду с процессами гниения и брожения происходит интенсивное всасывание воды, электролитов и формирование кала.

Кал содержит остатки непереваренного корма, отмершие клетки слизистой оболочки, тела отмерших и живых микроорганизмов (от 35 до 55% от массы кала).

Дефекация – акт удаления из кишечника фекальных масс, происходит рефлекторно. Каловые массы в прямой кишке раздражают рецепторы, импульсы передаются в центр дефекации пояснично–крестцовый отдел спинного мозга. Отсюда импульсы по парасимпатическому нерву (ветвь тазового нерва) передаются к прямой кишке и вызывают сокращение ее, а по симпатическим нервам – расслабление внутреннего анального сфинктера. Наружный сфинктер подчинен воле животного, поэтому акт дефекации – произвольный. Высшие центры находятся в продолговатом мозгу, гипоталамусе и коре мозга. В акте дефекации участвуют мышцы брюшного пресса и диафрагмы. В среднем за сутки у коровы выделяется до 22 кг, у свиньи – 1,7 кг, у овцы – 2 кг каловых масс.

Моторная функция толстого кишечника обеспечивает:

1. перемешивание,

2. передвижение,

3. формирование кала,

4. его удаление.

Моторика кишечника регулируется рефлекторно и гуморально.

От ЦНС импульсы возбуждения в кишечник поступают по парасимпатическим и симпатическим нервам. Парасимпатическая нервная система усиливает моторику кишечника, а симпатическая – угнетает.

Такие гуморальные факторы, как ацетилхолин, гистамин и энтерокринин усиливают моторику кишечника. Адреналин и симпатии тормозят сокращение кишечника.

Всасывание – это процесс перехода различных веществ через клеточные структуры в кровь и лимфу.

Это активный физиологический процесс проникновения продуктов переваривания питательных веществ через сложные биологические мембраны: (кожу, подкожную клетчатку, слизистую и серозную оболочки брюшной полости).

Процесс всасывания может происходить в любом отделе желудочно–кишечного тракта.

Движение ворсинок ускоряет всасывание. Сокращаясь, они выжимают из себя кровь и лимфу, а при расслаблении впитывают растворенные в кишечнике вещества.

Кроме того, на каждой ворсинке имеется большое количество микроворсинок, образующих так называемую щеточную кайму. Микроворсинки увеличивают всасывательную поверхность кишечника еще в 100 раз.

К каждой ворсинке подходят мелкие артерии, которые в ней разветвляются на капилляры. Вне периода всасывания капилляры не функционируют.

Кровь оттекает от ворсинок по венам. В центре ворсинки находится лимфатическая полость, которая служит началом лимфатического сосуда. Внутри ворсинки присутствуют гладкие мышечные волокна, а также нервные волокна с нервными сплетениями в поджелезистом слое.

Механизм всасывания – сложный биологический процесс, в основе лежат физические явления (фильтрация, диффузия и осмос) и сложный процесс активного переноса питательных веществ (активный транспорт, пиноцитоз).

Процесс всасывания ускоряется благодаря движению и сокращению ворсинок. Ворсинки как губки впитывают в себя растворенные питательные вещества.

Пищеварительные процессы в слепой кишке лошади

У лошадей сбраживается основная масса клетчатки в слепой кишке, которая у этого вида животных является как бы «вторым желудком». Ее объем у лошади составляет 30–36 л. Здесь переваривается до 40–50% клетчатки и до 39% белка. В желудке лошади корм задерживается недолго. В слепой кишке идут интенсивные бродильные процессы с образованием ЛЖК, газов, т.к. содержатся бактерии, инфузории. Корм в слепой кишке лошади задерживается до 3 суток.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается сущность пищеварения?
2. Основными функциями органов пищеварения являются?
3. Как происходит обработка корма в пищеварительном тракте?
4. Какие ферменты вырабатываются в пищеварительном тракте?
5. Назовите роль ферментов ЖКТ в переваривании белков, жиров и углеводов?
6. Как происходит пищеварение в ротовой полости?
7. Что собой представляет однокамерный желудок с анатомической и физиологической точки зрения?
8. Состав и свойства желудочного сока?
9. Назовите фазы секреции желудочного сока?
10. Опишите как происходит выделение желудочного сока на различные корма?

11. В чем заключается моторная функция желудка?
12. Особенности желудочного пищеварения у лошадей, свиней?
13. Назовите функции преджелудков жвачных?
14. Назовите роль микроорганизмов в рубцовом пищеварении?
15. Как происходит переваривание в рубце клетчатки, крахмала, белков?
16. Как происходит биосинтез белков, гликогена, витаминов в организме?
17. Как происходит пищеварение в сычуге?
18. Как происходит пищеварение в тонком кишечнике?
19. Что такое поджелудочная железа? Назовите методы изучения ее секреции?
20. Роль ферментов поджелудочного сока в гидролизе питательных веществ в кишечнике?
21. Опишите нейрогуморальный механизм поджелудочного сокоотделения?
22. Назовите состав и значение желчи в пищеварении?
23. Опишите состав и значение кишечного сока?
24. В чем заключается моторная функция кишечника?
25. Как происходит переваривание корма в толстом отделе кишечника?

Лекция 7: «ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕН ВЕЩЕСТВ»

Вопросы:

1. Сущность общего, основного, промежуточного и продуктивного обмена.
2. Методы изучения обмена веществ.
3. Процессы ассимиляции (анаболизма) и диссимиляции (катаболизма).
4. Белки, их природа и физиологическое значение. Белковый минимум, конечные продукты белкового обмена и их выделение. Азотистый баланс.
5. Роль печени в белковом обмене, его регуляция.
6. Обмен углеводов. Значение углеводов для организма животных.
7. Обмен липидов. Значение липидов для организма.
8. Значение воды и минеральных веществ. Роль воды в организме. Источники воды. Потребность в воде у разных животных.
9. Макро– и микроэлементы. Значение макроэлементов (натрия, калия, кальция, фосфора, магния), микроэлементов (железа, кобальта, меди, цинка, йода, марганца, селена) в организме. Регуляция водно–солевого обмена.
10. Витамины. Характеристика витаминов, их классификация. Роль водо– и жирорастворимых витаминов для животных. Гипо– и гипervитаминозы. Антивитамины.

1. Сущность общего, основного, промежуточного и продуктивного обмена

Обмен веществ – совокупность всех химических процессов, связанных с превращением питательных веществ, поступающих в организм из внешней среды и образующихся в самом организме. Он состоит из следующих составляющих: поступлении в организм из внешней среды органических и неорганических веществ и выведении

организмом во внешнюю среду продуктов, образовавшихся после использования питательных веществ.

Различают общий, основной, промежуточный и продуктивный обмены.

Под *общим обменом* понимают: обмен веществ, при обычных условиях существования. Обмен веществ, при строго определенных условиях, позволяющий сравнить обмен веществ у различных животных организмов, называется *основным*. Основной обмен — это выработка энергии в организме в голодном состоянии (натошак) и при полном мышечном покое, т.е. то минимальное количество энергии, которое расходуется на функционирование жизненно важных систем (кровообращение, дыхание, пищеварение, деятельность мышц и желез внутренней секреции, ЦНС).

Энергия, затрачиваемая организмом животного для образования различных видов продукции – *продуктивный обмен*. *Промежуточный обмен веществ* – это совокупность химических превращений, которым подвергаются питательные вещества после их всасывания из пищеварительного канала и до выделения продуктов обмена из организма. Эти превращения осуществляются главным образом внутри клеток с участием ферментов, контролируемых генами. Определенная последовательность химических реакций, обеспечивающих превращение питательных веществ в необходимые организму компоненты, называется метаболическим путем, а образовавшиеся промежуточные или конечные продукты – метаболитами. Таким образом, обмен веществ у животных состоит из 3 этапов:

1. Начальный – представлен пищеварением, где в результате механической, биологической и химической обработки происходит переваривание корма.

2. Начинается с момента всасывания питательных веществ в кровь и лимфу – это промежуточный обмен – процесс синтеза и распада органических веществ – белковый, углеводный, липидный, минеральный, водный.

3. Заключительный – выведение конечных продуктов обмена веществ из организма.

2. Методы изучения обмена веществ

Используются следующие методы изучения обмена веществ:

1. Балансовый метод – проводится учет сколько поступило веществ в организм и сколько выделено продуктов распада.

2. Ангиостомический метод – для изучения обмена веществ в организме или в тканях. Суть его заключается в том, что исследуют притекающую к органу и оттекающую от органа кровь.

3. Метод кататеризации кровеносных сосудов

4. Метод изолированных органов осуществляется путем создания искусственной циркуляции крови в органе.

5. Метод меченых атомов. Меченые вещества по углероду, фосфору, сере, азоту или минеральные вещества, антибиотики, лекарственные препараты, белки, жиры, углеводы вводятся в организм и в последующем на специальных приборах легко обнаруживаются в биологических жидкостях и тканях в очень незначительных количествах.

3. Процессы ассимиляции (анаболизма) и диссимиляции (катаболизма)

Все вещества, входящие в состав организма, постоянно обновляются, поэтому обмен веществ проявляется в единстве двух процессов: ассимиляция (анаболизм) и диссимиляция (катаболизм).

Ассимиляция (анаболизм) – совокупность процессов синтеза сравнительно крупных клеточных компонентов, а также биологически–активных соединений из простых предшественников (затрата энергии), энергетические процессы (глюконеогенез, синтез жиров, белков). Этот синтез обеспечивает восстановление отмирающих клеток, рост организма, синтез гормонов, ферментов и других органических соединений, которые необходимы для жизнедеятельности организма. Это так называемое пластическое значение корма.

Диссимиляция (катаболизм) – совокупность процессов ферментативного расщепления сложных молекул из корма и образование в организме освобожденной энергии – экзергонические процессы – гликолиз, миолиз, протеолиз.

4. Белки, их природа и физиологическое значение

Белки (протеины) – сложные, высокомолекулярные органические соединения, состоящие из аминокислот. Белки составляют основу всех жизненных процессов.

В зависимости от формы молекулы белки условно делят на 2 большие группы: глобулярные и фибриллярные.

По химическому и биологическому действию (составу) белки классифицируют следующим образом:

1. простые белки (протеины);
2. сложные белки (протеиды);
3. белки–ферменты;
4. белки–гормоны;
5. защитные белки (антитела);
6. белки–токсины.

Простые белки состоят только из аминокислот. К ним относятся альбумины, глобулины, протамины, гистоны, миозин, протеиноиды и некоторые другие.

Альбумины и глобулины представляют основную массу белков клеток и тканей организма, плазмы крови, молока и яичного белка. Общее количество этих белков зависит от ряда факторов: возраста, состояния здоровья, вида животных. У молодых, растущих животных содержание белков в крови выше.

Протамины и гистоны – это наиболее простые белки. Их молекулы содержат большое количество лизиновых и аргининовых остатков. Они входят в состав сложных белков – нуклеопротеидов, которых много в зубной железе, белках эритроцитов и лейкоцитов.

Сложные белки состоят из белка и небелкового компонента (простетической группы) – углеводы, липиды, витамины, гормоны, металлы, нуклеиновые кислоты. В зависимости от характера простетических групп сложные белки подразделяют на нуклеопротеиды, липопротеиды, фосфопротеиды, хромопротеиды, гликопротеиды.

Нуклеопротеиды состоят из простого белка и нуклеиновых кислот.

Липопротеиды – белки, соединенные с липидами. Гликопротеиды – сложные белки, в которых белковая молекула соединена с углеводами.

Фосфопротеиды состоят из простых белков и фосфорной кислоты (казеин молока, белки яичного желтка, пепсин).

Хромопротеиды. У них простой белок связан с окрашенным небелковым соединением. Одним их главных и изучаемых хромопротеидов является гемоглобин.

Белки–ферменты включают белки разной структуры и сложности. В них роль активных групп выполняют коферменты (витамины, металлы).

Белки–гормоны – инсулин (гормон поджелудочной железы), АКТГ и гормон роста.

Иммунные белки (антитела). Основная их роль заключается в выработке иммунитета против чужеродных веществ – антигенов – в организме животных.

Белки в животном организме не могут образовываться из других питательных веществ (углеводов, жиров), так как в них отсутствует азот. Поэтому белки считаются незаменимыми питательными веществами и их присутствие в рационе животных в определенном количестве и соотношении обязательно. Синтез белковых веществ идет непрерывно, непрерывно идет и распад их.

Биологическая активность различных белков неодинакова. Она зависит от аминокислотного состава. Из 20 аминокислот 8– незаменимые, 8–заменяемые, 4–частично заменяемые.

Заменяемые могут синтезироваться из других аминокислот или органических соединений. К ним относятся: аланин, аспарагин, глутамин, глицин, пролин, серин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

Незаменимые – валин, изолейцин, лейцин, метионин, треонин, лизин, триптофан, финилаланин.

Частично заменяемые – аргинин, гистидин, цистеин и тирозин. Аминокислотный состав белка определяет его питательную

ценность. Биологически полноценными является белок, состав которого обеспечивает потребность организма во всех аминокислотах при данном физиологическом состоянии.

Аминокислота, недостаток которой вызывает нарушение синтеза белка организма, называется лимитирующей.

Наименьшее количество полноценного белка корма, при котором поддерживается равновесие в организме, получило название **белкового минимума**. Минимальное количество полноценного белка на 1 кг живой массы животного в сутки следующее: для лошади в покое – 0,75, в работе – 1,3, для свиньи – 1,0, для лактирующей коровы – 1,0; для нелактирующей – 0,65 г.

Минимальное количество белков корма, необходимое для восполнения разрушающихся белков организма при исключительно углеводном питании, называется коэффициентом изнашивания. Для животных в среднем величина этого коэффициента лежит в пределах 0,028–0,065 г азота на 1кг живой массы в сутки (у коров – 0,05). У коровы живой массой 600 кг ежедневное выделение азота составит: $600 \times 0,05 = 30$ г азота.

Значительно больше распадается белка при таких физиологических состояниях как беременность, лактация, усиленная мышечная работа.

Количество белка, полностью обеспечивающее рост и жизнедеятельность организма, обозначается как белковый оптимум.

Различают 3 главных периода в жизни каждого животного:

Первый – ранний период характеризуется резким увеличением массы тела, завершается процесс формирования внутренних органов. В этот период наблюдается преобладание анаболических процессов над катаболическими, т.е. ассимиляция над диссимиляцией, положительный баланс в обмене веществ. Идет рост животного: и весовой, и линейный.

Второй период – период зрелости. В организме существует относительное равновесие процессов ассимиляции и диссимиляции, т.е. процессы синтеза и распада веществ уравновешены.

Третий период – период старости. В этот период начинают преобладать катаболические процессы над анаболическими, происходит угасание многих функций.

Азотистый баланс – разница между количеством азота принятым с кормом за сутки и выделенным из организма за то же время с экскрементами и продуктами:

Баланс N = N корма – (N фекалий + N мочи).

Содержание азота в белках составляет от 14 до 19%, в среднем 16% их веса – азотистый баланс организма ($100 : 16 = 6,25$).

Чтобы рассчитать баланс белка, необходимо количество азота, поступившего с кормом, умножить на 6,25.

Когда количество поступившего в организм азота больше количества выделенного азота, говорят о положительном азотистом балансе.

Если количество поступившего в организм азота меньше, чем его выделяется, то имеет место отрицательный азотистый баланс – распад белка превышает его синтез (катаболические процессы при ряде заболеваний).

5. Роль печени в белковом обмене

Все вещества, всасывающиеся в кровь, обязательно поступают в печень и подвергаются различным метаболическим превращениям.

Из аминокислот – образуется белок, синтезируется фибриноген, протромбин.

Процессы в печени, ее основные функции:

1. Желчеобразовательная и выделительная.
2. Барьерная и защитная.
3. Обезвреживающая и биотрансформации – дезаминирование, трансаминирование, декарбоксилирование.
4. Метаболическая.
5. Гомеостатическая.
6. Депонирующая.
7. Регуляторная.

Главная функция печени в обмене белка – обезвреживание ядовитых продуктов азотистого обмена (NH_3 – мочевины) при распаде нуклеиновых кислот, окислении пуриновых и пиримидиновых оснований, нейтрализации лизола, скатола, крезола образовавшихся при гниении белка в толстом кишечнике.

Таким образом, регуляция осуществляется непрямым путем, через органы внутренней секреции (систему гипоталамус–гипофиз – периферические эндокринные системы).

6. Обмен углеводов. Значение углеводов для организма животных

В животном организме углеводы находятся в виде моно-, олиго- и полисахаридов. Встречаются углеводы и в связанном виде: в нуклеиновых кислотах, некоторых липидах (цереброзидах), некоторых белках крови, гормонах и других соединениях.

На долю углеводов приходится около 2% массы тканей организма. Они являются не только энергетическим, но и пластическим материалом. Значительная часть углеводов в организме содержится в виде полисахарида гликогена.

Гликоген образуется в печени при участии ферментов глюкокиназы и гексокиназы с использованием энергии АТФ из глюкозы, молочной кислоты и других летучих жирных кислот, а также продуктов расщепления аминокислот. Этот процесс получил название неогликогенез. Концентрация гликогена в печени иногда достигает 10–15%, а в обычных условиях – 1,5–4%. В мышцах содержится 0,5–1,5% гликогена.

Значительное количество сахара находится в молоке. Главный его компонент – дисахарид: лактоза.

Центр, регулирующий углеводный обмен, находится в продолговатом мозгу. Высший отдел – гипофиз. Между продолговатым мозгом и гипофизом существует тесная взаимосвязь.

Гормоны, выделяемые гипофизом, стимулируют выброс гормонов желез внутренней секреции (надпочечников и поджелудочной железы), которые регулируют содержание сахара в крови. В нормальных условиях, благодаря механизмам регуляции, в крови поддерживается уровень глюкозы в пределах 800–1200 мг/л. Увеличение содержания глюкозы в крови до 1500–2000 мг/л получило название *гипергликемия*. Уменьшение содержания глюкозы в крови до 600–400 мг/л – *гипогликемия*.

Поступление глюкозы в кровь идет в основном тремя путями:

Первый путь – всасывание глюкозы в тонком кишечнике (фосфорилирование).

Второй путь – распад гликогена в печени и мышцах (гликогенез).

Третий путь – образование глюкозы из белков и жиров (глюконеогенез).

Пути удаления глюкозы из крови следующие:

1. Распад глюкозы (гликолиз) в мышцах и нервных клетках с образованием молочной кислоты и освобождением свободной энергии. Этому способствуют гормоны тироксин и инсулин.

2. Образование гликогена в печени из глюкозы крови и из молочной кислоты

3. Образование жиров из глюкозы, преимущественно в печени.

Таким образом, в регуляции уровня глюкозы в крови принимают участие печень (депо углеводов) мышцы, почки, которые выводят избыточное количество глюкозы и все клетки организма.

Одному гормону – инсулину, который понижает содержание глюкозы в крови, противостоят минимум 5 гормонов, которые повышают уровень глюкозы в крови. Этим обеспечивается поддержание в крови глюкозы на определенном уровне.

7. Обмен липидов. Значение липидов для организма

К липидам относятся нейтральные жиры, жироподобные вещества (липоиды) и некоторые витамины (жирорастворимые – А, Д, Е, К). Источником жира является жир пищи,

который всасывается в кишечнике. Большое количество жира и липоидов образуется в организме из углеводов при избытке кормления животных углеводами.

При обильном кормлении жирами или углеводами часть жира и липоидов откладывается как жировой запас в подкожной клетчатке, сальнике, рыхлой соединительной ткани, которая окружает внутренние органы. Этот жир – запасной пищевой материал, который мобилизуется организмом при охлаждении, голодании и используется как энергетический материал. Жир из жировых депо расщепляется в тканях при участии фермента липазы на глицерин и жирные кислоты, а затем до CO_2 и H_2O с освобождением большого количества энергии. Таким образом, жировой и углеводный обмены взаимосвязаны, и между этими видами обмена существует тесная связь. Общее количество жира в организме составляет 10–20%. При сгорании 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии, 1 г белка и углеводов – 17,2 кДж. Жир принимает активное участие в терморегуляции. Количество жира в крови может достигать до 1% (липемия).

Энергетическая ценность жира в 2,3 раза больше, чем углеводов. Незаменимые ненасыщенные жирные кислоты (линолевая, линоленовая и арахидоновая) выполняют следующие функции:

- 1) служат для транспорта липидов, особенно из печени;
- 2) для образования соединительной ткани;
- 3) являются компонентами ферментных систем и защитных смазок внешнего покрова животных;
- 4) являются предшественниками для образования простагландинов.

Обмен жиров, как и обмен других веществ, регулируется двумя путями: нервным и гуморальным. Нервная регуляция осуществляется импульсами, идущими от ЦНС к жировым тканям, из которых мобилизуется жир. В гуморальной регуляции липидного обмена принимают участие гипоталамо–гипофизарная система, корковое вещество надпочечников и щитовидная железа. При возбуждении симпатической нервной системы происходит сгорание жира.

Раздражение парасимпатической нервной системы способствует жиरोотложению, а раздражение симпатических нервов вызывает распад жира в организме.

8. Значение воды и минеральных веществ. Роль воды в организме. Источники воды. Потребность в воде у разных животных

Вода. Количество воды в организме животных и птицы колеблется в зависимости от возраста: у эмбриона она достигает 90%, у животных, цыплят 1–2–дневного возраста – 80%.

Все жизненно важные процессы (ассимиляция, диссимиляция, диффузия, резорбция, фильтрация и др.) протекают только в водных растворах органических и неорганических веществ. Обмен веществ возможен только при условии полного растворения продуктов питания и продуктов обмена. Растворителем для них является вода. Вода способствует сохранению коллоидного состояния живой плазмы, она участвует в терморегуляции организма (испарение), кроме того, вода необходима для выведения из организма продуктов обмена.

Регуляция водного обмена осуществляется центральной нервной системой. Существует «питьевой» (продолговатый мозг) центр. Большую роль в регуляции водного обмена играет гипофиз. Существует неразрывная связь между солевым и водным обменом.

Регуляция же солевого обмена связана с выделением в кровь надпочечниками минералокортикостероидов – гормонов, которые замедляют или ускоряют выведение минеральных веществ из организма.

Для поддержания физиологических процессов необходимо постоянное восполнение утраченного количества воды. Пополнение организма водой происходит за счет питья и принятия корма, а также за счет эндогенного образования – при распаде жиров, углеводов и белков. При распаде 100 г белков образуется 41 г воды, 100 г жиров – 107 г и 100 г крахмала – 55 г воды. Этим путем восполняется только 1020% потребности организма в воде.

При недостатке воды затрудняется терморегуляция, нарушается пищеварение и всасывание питательных веществ в кишечнике, задерживается выведение из организма продуктов обмена, наступает интоксикация. При потере 10% воды отмечаются серьезные нарушения функций организма животного, а при потере ее в количестве 20–25% наступает смерть через 4–8 дней после прекращения приема воды и через 7 недель после прекращения поступления корма. Вода всасывается в зобе, желудке, тонком и особенно толстом отделе кишечника. Выведение воды из организма зависит от корма: ионы натрия способствуют задержке, а ионы калия – выделению воды.

Нейрогуморальная регуляция водного обмена заключается в том, что при изменении объема артериальной крови в межтканевой жидкости возбуждаются объемные рецепторы, которые посылают импульсы в гипоталамус. Гипоталамус вырабатывает и выбрасывает в кровь альдостеронотропный фактор, который воздействует на кору надпочечников. Кора надпочечников увеличивает выделение альдостерона, а он в свою очередь увеличивает реабсорбцию натрия. Натрий задерживает воду в тканях.

Гипоталамус выделяет и антидиуретический гормон, способствующий задержке воды в организме. При снижении осмотического давления секреция антидиуретического гормона уменьшается, и это приводит к диурезу – усиленному выделению воды через почки.

9. Макро- и микроэлементы. Значение макроэлементов (натрия, калия, кальция, фосфора, магния), микроэлементов (железа, кобальта, меди, цинка, йода, марганца, селена) в организме. Регуляция водно-солевого обмена

В теле животного обнаружено более 60 элементов (64) периодической системы Менделеева, причем 47 из них определено количественно. Кислород, азот, водород и углерод представляют основную массу организма и входят в состав органических веществ.

Все минеральные вещества, которые обнаружены в организме, делятся по своей физиологической роли на 3 группы:

- 1) жизненно необходимые – кальций, фосфор, кальций, натрий, хлор, сера, магний, железо, цинк, медь, марганец, йод, молибден, кобальт, селен;
- 2) вероятно необходимые – бром, кадмий, фтор, кремний, хром, никель, мышьяк;
- 3) элементы с неизученной ролью – литий, цезий, алюминий, барий, свинец, ртуть, уран, радий, титан и некоторые другие.

Все эти элементы по их количественному содержанию подразделяются на макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы.

К группе макроэлементов относятся кальций, магний, сера, микроэлементов – железо, цинк, марганец, йод, алюминий, бром, молибден, кадмий, ртуть, кремний; ультрамикроэлементов – кобальт, селен, уран, серебро, титан, барий.

Содержание биогенных минеральных элементов в теле и тканях животного в обычных условиях относительно постоянно. «Критическими» органами для большинства минеральных веществ являются печень, кровь, кости скелета. При недостаточном или несбалансированном минеральном питании у животных наступают общие расстройства обмена веществ, нарушения роста, развития, воспроизводительных функций.

Минеральные вещества поступают в организм с растениями, состав которых зависит от состава почвы и почвенных вод.

Функции минеральных веществ:

1. Обеспечивают определенную величину осмотического давления в жидкостях организма.

2. Ионы жидкостей организма обеспечивают поддержание равновесия клеточных мембран, участвуют в процессе диффузии, секреции, экскреции и связаны с биоэлектрическими явлениями (возникновение и передача нервного возбуждения).

3. Многие катионы и анионы (главным образом металлы) являются специфическими или неспецифическими активаторами ферментных систем.

4. Ионизированные соли (в основном бикарбонаты и фосфаты натрия и калия) входят в состав буферных систем и поддерживают концентрацию водородных ионов в узких пределах.

Таким образом, поддержание строгого баланса макро- и микроэлементов необходимо для нормального функционирования организма (возбудимость, проницаемость, сократимость и т.д.).

В настоящее время для сельскохозяйственных животных, рационы необходимо нормировать минимум по 15 жизненно необходимым элементам: кальцию, фосфору, натрию, калию, хлору, сере, цинку, марганцу, меди, йоду, селену, кобальту, железу, магнию.

Минеральные вещества могут взаимодействовать как между собой, так и с другими питательными веществами. Форма этих взаимодействий различная:

- 1) синергизм (взаимосвязь калий–натрий– хлор или медь–железо, кобальт, фосфор);
- 2) антагонизм (марганец–магний, марганец–кальций, магний–фосфор; цинк–фосфор, цинк–кальций, йод–хлор; сера–селен, сера–медь).

Кальций. Основная его масса (99%) содержится в скелете и зубах. В крови большая часть кальция содержится в сыворотке (100120мг/л).

Основные функции ионов кальция следующие:

- а) входят в состав неорганической фракции костей;
- б) участвуют в сокращении мышц (он способствует взаимодействию актина и миозина);
- в) уменьшают проницаемость мембран и снижают способность тканевых коллоидов связывать воду;
- г) понижают возбудимость нервных центров, но стимулируют деятельность сердца;
- д) участвуют в свертывании крови и активируют некоторые ферменты;
- е) повышают плодовитость и жизнеспособность приплода.

Потребность в кальции следующая: для коровы на 100кг массы необходимо 5г, телят – 30–35, овец – 3–10, лошадей – до 100г в сутки.

Обмен кальция регулируется нейрогуморальными механизмами. Из желез внутренней секреции особую роль играют паращитовидные железы, которые выделяют гормон

паратиреоидин. Он увеличивает содержание кальция в крови. Среди витаминов большое значение имеет витамин Д.

Фосфор. Фосфор, как и кальций, содержится во всех тканях организма. Общее его содержание у взрослых животных составляет 0,75–0,95%, у молодняка – 0,5–0,7% на сырую обезжиренную ткань. В скелете находится 82–87% всего фосфора в виде фосфорнокислого кальция – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Фосфорнокислый кальций участвует в обмене почти всех основных групп веществ – белков, жиров, углеводов, витаминов и др. В организме трудно назвать физиологическую функцию, в которой бы не принимала участие фосфорная кислота. Она входит в состав коэнзимов. Макроэргические фосфорные соединения (АТФ, креатинфосфат, ацетилфосфаты) являются аккумуляторами энергии.

Все синтетические процессы в организме животных, которые связаны с образованием продукции (такие, как рост мышечной ткани, синтез составных частей молока, образование яиц), осуществляются при участии фосфорной кислоты.

Фосфор – единственный минеральный элемент, который оказывает влияние на качество мяса.

При дефиците фосфора у взрослых животных развивается остеомаляция. Характерным признаком недостатка фосфора является извращение аппетита. В рацион вводят фосфорные добавки.

Магний. В скелете животных находится 70% всего магния. В крови он представлен в двух формах: ионизированной (65%) и белково–связанной (35%). Поступает с кормом. Всасываются ионы магния в двенадцатиперстной кишке и начальном отделе тощей кишки, выводится через ЖКТ.

Магний – активный компонент ферментных систем. Он активизирует креатинкиназу, карбоксилазу, щелочную фосфатазу и ряд других ферментов. Недостаток магния снижает продуктивность, у взрослых животных при выгоне на пастбище появляется пастбищная тетания – повышенная возбудимость ЦНС. Во избежание этого используют добавки магния в рационах.

Калий и натрий. Натрий и калий поступают в достатке с кормом. Они находятся в организме в виде хлористых, углекислых, фосфорнокислых и сернокислых солей. Натрий является основным катионом внеклеточной среды. Регулирует обмен натрия кора надпочечников (альдостерон).

Ионы калия – основные катионы цитоплазмы клетки. Калий – антагонист токсического действия натрия, подавляет возбудимость скелетных мышц и сердечной мышцы. Ионы калия и натрия действуют как слабые раздражители, усиливая функцию слюнных желез и желез ЖКТ. Рационы балансируют по натрию, так как калия достаточно в кормах.

Железо. Около $\frac{3}{4}$ всего железа содержится в гемоглобине и миоглобине. В сыворотке крови железо входит в состав трансферрина (γ -глобулина). Соединения железа в организме выполняют окислительные функции (гемоглобин, миоглобин, цитохромы, феррофлавопротеины).

Медь. Необходима для процессов кроветворения. При ее дефиците уменьшается число эритроцитов. Медь необходима для нормальной пигментации волос и шерсти. Печень является основным депо меди в организме.

Кобальт. Распределение кобальта в организме мало изучено. Усвояемость из кормов невысокая (5%). Физиологическое действие объясняется его присутствием в молекуле витамина В12, роль которого многообразна.

Цинк. Все органы и ткани содержат цинк. В мышцах, скелете, коже и печени сосредоточено 80% цинка. Оказывает влияние на рост, развитие, воспроизводительную функцию, костеобразование, кроветворение, обмен белков и углеводов. На половую функцию цинк оказывает влияние непосредственно и через звено: гипофиз – гонадотропный гормон – половые железы. При недостатке цинка задерживается половое созревание, поражается кожа, утолщаются и искривляются суставы и т.д.

Марганец. Концентрация его в организме низкая. В скелете, коже и мышцах сосредоточено 80% всего марганца, в печени – 9% и в других тканях – 11%. Марганец участвует в окислительно–восстановительных процессах, тканевом дыхании, костеобразовании, влияет на размножение, кроветворение и функцию эндокринных органов, обмен углеводов, белков, жиров (в составе ферментов).

Йод. Содержится во всех тканях, но в основном в щитовидной железе (50%), где он входит в состав гормонов. Главные функции йода связаны с образованием гормонов, которые регулируют основной обмен, расход углеводов, белков и жиров в организме, а также процессы теплообразования.

Селен. Содержится во всех тканях организма в небольших «следовых» количествах. По физиологическому действию он сходен с а–токоферолом (антиокислитель). При его отсутствии наблюдается беломышечная болезнь молодняка, «слепая вертячка» овец и др.

10. Витамины. Характеристика витаминов, их классификация. Роль водо– и жирорастворимых витаминов для животных. Гипо– и гипервитаминозы. Антивитамины.

Витаминами называют низкомолекулярные органические соединения, в очень малых дозах обеспечивающие нормальное течение биохимических и физиологических процессов в организме.

В настоящее время известно более 30 витаминов, установлена их химическая структура. Организовано промышленное производство многих витаминов для обеспечения потребностей сельскохозяйственных животных.

Специфические нарушения обмена веществ, вызываемые полным отсутствием в кормах того или иного витамина, называют *авитаминозами*, а недостаточным поступлением их в организм — *гиповитаминозами*.

По физико–химическим свойствам витамины делят на две группы:

1. Жирорастворимые витамины. К их числу относят витамины групп А, D, Е и К.

Витамины группы А. Витамины А1, А2, А3 — антиксерофтальмические. Наиболее распространенная и биологически активная форма витамина А — ретинол (витамин А1). Он содержится только в продуктах животного происхождения: в молоке, масле, печени рыб и яйцах птиц.

При их недостатке у молодняка замедляется или прекращается рост, плохо заживают раны, что связано с торможением процессов регенерации тканей. При А–гиповитаминозе у всех животных наступают патологические изменения эпителиальной ткани слизистых

оболочек дыхательных и пищеварительных органов, половой системы; отмечают выделения из глаз и носа, ксерофтальмию, помутнение роговицы, куриную слепоту (гемералопию).

Витамины группы D. Витамины D₂, D₃, D₄, D₅, D₆ — кальциферолы, антирахитические витамины. Для крупного рогатого скота, овец, свиней и лошадей имеют значение эргокальциферол (D₂) и холекальциферол (D₃). Биосинтез холекальциферола происходит в коже животных под влиянием ультрафиолетовых лучей солнца или кварцевой лампы.

Кальциферолами наиболее богат жир, получаемый из печени морских рыб (треска, палтус). Они содержатся также в сливочном масле, молоке, яичном желтке, печени животных (дельфина, тюленя, белого медведя).

Кальциферолы принимают участие в регуляции минерального и энергетического обменов, оказывают влияние на использование азота, углеводов, кальция, фосфора и особенно трудноусвояемого фитинового фосфора зерновых кормов.

При недостатке кальциферолов у молодняка развивается рахит, а у взрослых животных — остеомаляция. У маток и производителей нарушается воспроизводительная способность, снижается продуктивность.

Новорожденным телятам необходимо скормливать молозиво первых двух удоев, которое содержит наибольшее количество витаминов групп А, D, E. Хорошим источником холекальциферола для птицы и поросят служит рыбий жир.

Витамины группы E. К этой группе относятся α -, β -, и γ -токоферолы — факторы размножения. Витамины этой группы обладают антиокислительными свойствами, способствуют усвоению и сохранению витаминов группы А и каротина в организме, участвуют в обмене жиров, белков и углеводов. Наибольшей биологической активностью обладает α -токоферол.

Витамины группы E присутствуют в продуктах как растительного, так и животного происхождения: в растительных маслах (особенно в масле облепихи и ростков пшеницы), зеленных овощах, зернах злаков, коровьем масле, мясе, молоке, яйцах.

При недостатке витаминов группы E нарушается сперматогенез, тормозится развитие зародыша, в дальнейшем плод может погибнуть. Ранний признак недостаточности витаминов группы E — снижение устойчивости эритроцитов к гемолизу. При хроническом E- гиповитаминозе развивается мышечная дистрофия, мышцы становятся дряблыми, белыми, нарушается деятельность мышцы сердца. Телята и ягнята становятся малоподвижными, при ходьбе задыхаются. У свиней возникают дистрофия мышц, некроз печени.

Витамины группы K. K₁ — филлохинон, K₂ — фарнахинон, K₃ — викасол — антигеморрагические факторы. Они играют важную роль в процессе свертывания крови. При их отсутствии кровь теряет способность быстро свертываться. В организме снижается уровень белка протромбина и других факторов, участвующих в процессе свертывания крови. Введение витаминов группы K стимулирует синтез данных белков в печени. Кроме того, при K-гиповитаминозе появляются подкожные и внутримышечные кровоизлияния, развивается анемия.

2. Водорастворимые витамины. Большой частью они термолабильны, разрушаются от действия щелочей, устойчивы к кислой среде и, как правило, не могут длительно сохраняться в тканях организма. Представители этой группы — аскорбиновая кислота, цитрин, витамины группы B.

Аскорбиновая кислота. Витамин С, содержится в растительных продуктах: в citrusовых, плодах шиповника, ягодах черной смородины, капусте, шпинате, салате, картофеле и др.

Источниками этого витамина для животных служат зеленая трава, правильно заготовленный силос, сенаж, травяная мука, пророщенное зерно, хвойные ветви и хвойная мука, молозиво и молоко. В молоке кобыл и свиноматок аскорбиновой кислоты в 5—10 раз больше, чем в молоке коров. Она может образовываться и в организме сельскохозяйственных животных.

Участвует в образовании опорных белков — коллагена и хондромукоида, способствует синтезу и отложению гликогена в печени, стимулирует секрецию желез желудка, участвует в окислении тирозина и в превращениях нуклеиновых кислот, необходима для синтеза ряда гормонов, ускоряет заживление ран, повышает сопротивляемость организма к различным инфекциям и неблагоприятным воздействиям внешней среды, стимулирует образование антител, обеспечивает нормальную проницаемость капилляров, влияет на кроветворение, активирует фермент аконитазу и участвует в цикле Кребса, помогает организму справляться с отравлениями.

Витамин Р — витамин проницаемости — постоянный спутник аскорбиновой кислоты. Витамин Р и аскорбиновая кислота являются синергистами — веществами, действующими в одном направлении. Они вместе участвуют в различных процессах обмена веществ.

Витамин Р укрепляет стенки капилляров и регулирует их проницаемость, способствует нормализации давления крови в сосудах. При недостатке этого витамина появляются точечные кровоизлияния на коже, особенно в местах, подвергаемых давлению.

Витамины группы В. К этой большой группе водорастворимых витаминов, сравнительно хорошо изученных в биологическом отношении, относятся следующие витамины: тиамин (В1), рибофлавин (В2), пантотеновая кислота (В3), холин (В4), никотиновая кислота (В5), пиридоксин (В6), фолиевая кислота (Вс), биотин (Н), цианкобаламин (В12), парааминобензойная кислота (ПАБК), инозит, пангамовая кислота (В15) и др.

Тиамин (витамин В1) — антиневротический фактор, или аневрин. Его много в зародышах и оболочках семян, бобах, горохе, отрубях, жмыхах, картофеле и зеленых листьях. У жвачных и лошадей он синтезируется в желудочно-кишечном тракте.

Тиамин играет важную роль в различных обменных процессах. Тиамин активно влияет на обмен ацетилхолина — проводника нервного импульса. Поэтому тиамин широко применяют для лечения различных заболеваний нервной системы.

Рибофлавин (витамин В2). Источники витамина В2 — зеленые корма, шпинат, капуста, дрожжи, печень, яйца, почки и молоко. Недостаток рибофлавина в организме приводит к нарушению углеводного обмена, снижению образования гликогена в печени, задержке процесса окисления молочной и пировиноградной кислот. Витамин В2 необходим для нормального обмена белка. Рибофлавин нужен для нормального зрения, функционирования половых желез и нервной системы, для развития плода, синтеза гемоглобина.

Пантотеновая кислота (витамин В3). Зеленые растения и в особенности зерна злаков являются хорошими источниками данного витамина. Больше всего его содержится в

печени, затем в надпочечниках, сердце, яичном желтке и почках. Он синтезируется дрожжами, микрофлорой желудочно–кишечного тракта.

Пантотеновая кислота — составная часть кофермента А (КоА). Как известно, КоА принимает участие в активировании уксусной кислоты, окислительном распаде и ресинтезе жирных кислот, образовании триглицеридов, фосфолипидов, ацетилхолина, окислении пировиноградной кислоты, усвоении глюкозы, обмене белка.

Никотиновая кислота (витамин РР, витамин В5) и ее амид (никотин–амид) встречаются в природных продуктах в свободном состоянии и в виде нуклеопротеидов входят в состав сложных ферментов. Основными источниками этого витамина служат дрожжи, печень, мясная и рыбная мука, подсолнечниковый шрот, в меньшем количестве он содержится в зернах хлебных злаков.

Никотиновая кислота способствует образованию пищеварительных соков желудка и поджелудочной железы, влияет на ускорение ритма сердечных сокращений, расширяет периферические сосуды, стимулирует образование эритроцитов и регулирует функцию печени. Отсутствие данного витамина приводит к тяжелому заболеванию — пеллагре. Характерными признаками этого заболевания служат дерматит (поражение кожных покровов), диарея (понос), изменение поведения животных вследствие нарушения функции коры больших полушарий головного мозга.

Пиридоксин (витамин В6, адермин) в достаточных количествах присутствует в дрожжах, печени, молоке, бобовых, зерне хлебных злаков, жмыхах, шротах и картофеле.

Пиридоксин принимает активное участие в белковом обмене — процессах трансаминирования и декарбоксилирования аминокислот, во всех этапах синтеза и обмена глутаминовой и аспарагиновой кислот. При недостатке задерживается рост, снижается использование корма, появляются дерматиты, судороги, параличи и анемия. У взрослых птиц снижаются яйценоскость и выводимость. У КРС ухудшается зрение.

Фолиевая кислота (витамин Вс, фолацин) содержится в кормах. Особенно много ее в зеленых листьях растений, цветной капусте, дрожжах, печени, грибах, хлебных злаках и сое. Кроме того, она синтезируется в желудочно–кишечном тракте животных. При участии фолиевой кислоты происходит образование эритроцитов и поддерживается нормальный состав крови. Она усиливает и углубляет действие цианкобаламина. Фолиевая кислота — липотропный фактор, предупреждает жировую инфильтрацию печени, участвует в синтезе нуклеиновых кислот, пуринов, в распаде гистидина, стимулирует функцию половых желез. Таким образом, она является антианемическим фактором и фактором роста.

Биотин (витамин Н, антисеборейный фактор) широко распространен в природе. Он синтезируется дрожжами и бактериями пищеварительного тракта и рубца животных, а также растениями. Им богаты печень, дрожжи, молоко, хлебные злаки и овощи.

Витамин Н обладает огромной биологической активностью.

Отличительный признак гиповитаминоза биотина — развитие дерматита, сопровождающегося выпадением шерсти и обильным выделением сала кожными железами (себорея).

Цианкобаламин (витамин В12) по своему составу, происхождению и физиологическому действию занимает особое место среди других витаминов группы В. Это единственный витамин, в состав которого входит металл—кобальт (4,5%).

Цианкобаламин синтезируется исключительно простейшими микроорганизмами, населяющими рубец жвачных, кишечник, почву, навоз и прудовую стоячую воду.

Главные источники витамина В12 — корма животного происхождения — рыбная и мясо–костная мука, молоко, обрат, сыворотка.

Цианкобаламин принимает активное участие в синтезе нуклеиновых кислот, метионина и холина, в восстановлении глутатиона в крови и тканях животных. Он стимулирует синтез белков. Цианкобаламин — незаменимый фактор кровообразования, стимулирует эритропоэз и синтез гемоглобина, поэтому его называют еще противоанемическим фактором. Этот витамин применяют как лечебное средство при расстройствах кровообразования, нарушениях функций печени и нервной системы.

Пангамовая кислота (витамин В15) усиливает кислородный обмен в клетках тканей, обладает липотропным действием, то есть способна предупреждать жировое перерождение печеночных клеток. Витамин В15 снижает токсическое действие алкоголя и некоторых других химических веществ.

Некоторые ученые высказывают предположение, что пангамовая кислота усиливает окислительно–восстановительные процессы. Ее применяют для лечения болезней печени, сердечнососудистых заболеваний склеротического характера, эмфиземы легких, пневмосклероза и т. д.

Антивитамины. К ним относят соединения, которые химически похожи на тот или иной витамин, но по своему действию обладают противоположными, антагонистическими свойствами. Антивитамины известны не для всех витаминов. Отдельные антивитамины используют с лечебной целью. Например, лекарственные препараты, в состав которых входит антивитамин К, с успехом применяют при лечении тромбофлебитов, инфаркта миокарда и др.

Антивитамином биотина служит яичный белок — овидин, который снижает действие этого витамина, антивитаминами В1 — окситиамин и пиритиамин, В3 — пантоилтаурин, пантоилпропаноламин, пантоилэтанол–амин, В4 — хлористый триэтилхолин, В6 — дезоксипиридоксин и метоксипиридоксин, фолиевой кислоты — метилфолиевая кислота, птероаспарагиновая кислота и др.

Механизм действия антивитаминов заключается в конкурентных отношениях с витамином за специфический белок, с которым витамин образует фермент. При высокой концентрации антивитамина он соединяется со специфическим белком, вытесняя витамин. Образовавшийся комплекс с белком не обладает ферментативными свойствами. В этом и состоит основной механизм развития авитаминоза при совместном поступлении в организм витамина и его антивитамина. Поэтому действие антивитамина можно снять только введением в организм соответствующего количества витаминов.

Лекция 8: «ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕНА ЭНЕРГИИ. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ».

Вопросы:

1. Обмен энергии.
2. Химическая терморегуляция. Физическая терморегуляция.
3. Теплоотдача организмом энергии: излучение, конвекция, проведение тепла, испарение влаги с поверхности тела и дыхательных путей.
4. Теплоотдача при повышенной и пониженной влажности, температуре окружающей среды.

1. Обмен энергии

Энергетика организма подчиняется первому и второму законам термодинамики. Первый закон, известный как закон сохранения энергии, гласит, что энергия не исчезает и не возникает вновь, она лишь переходит из одной формы в другую. Организм животного должен получать энергию в доступной для него форме из окружающей среды и возвращать в среду соответствующее количество энергии в форме, менее пригодной для использования.

Второй закон термодинамики, определяющий направление превращений энергии, утверждает, что энергия самопроизвольно может переходить только с более высокого уровня на более низкий, причем способность совершать работу при этом уменьшается.

Потенциальная энергия переходит в кинетическую, при этом часть энергии превращается в тепловую.

АТФ — это «текущий» источник энергии для организма, ее запасы сравнительно невелики и постоянно обновляются. Резервными же источниками энергии являются гликоген печени и мышц, кетоновые тела, триацилглицериды жировой ткани, а при определенных условиях мобилизуемые белки печени и мышц. Эти соединения включаются в метаболический цикл описанными выше путями.

Химическая энергия в виде АТФ является как бы универсальной «энергетической валютой» и может необратимо превращаться во все другие формы энергии, (механическую, электрическую, тепловую). Клетки используют эту энергию, а для ее возмещения перерабатывают соответствующее количество энергетических источников. Энергия АТФ обеспечивает процессы мышечного сокращения, активного мембранного транспорта, передачи информации, биосинтеза.

В ходе трансформации химической энергии совершается та или иная работа: механическая — при сокращении мышц, электрическая — при передаче нервного импульса, осмотическая — при трансмембранном переносе вещества; часть энергии переходит в потенциальную энергию химического синтеза.

Как и образование АТФ, ее распад и перенос энергии сопряжены с энергетическими тратами. Эта энергия (составляющая около половины всей химической энергии АТФ) не может быть использована организмом, освобождается в виде первичного тепла и выводится из организма.

В конечном же итоге энергия выполненной работы также превращается в тепловую и выделяется в виде вторичного тепла. Так, мышцы, сокращаясь, производят механическую работу, но выделенное при этом тепло отдается в окружающую среду (отсюда «согревание» при мышечной работе). Механическая энергия, приданная крови сокращениями сердца, тратится на преодоление трения; при этом кинетическая энергия движения переходит в тепловую и также отдается в среду.

Таким образом, потенциальная энергия корма эквивалентна потерям тепла и отложениям в теле (продуктах). У животных, закончивших рост и не дающих продукции, количество выделенного тепла эквивалентно количеству затраченной энергии на процессы жизнедеятельности при данных условиях. Именно на этом принципе определения теплопродукции основаны методы определения затрат энергии животными с целью научного обоснования калорийности их питания.

2. Химическая теплорегуляция. Физическая терморегуляция

Химическая терморегуляция – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих обмен веществ и образование тепла в организме животных при воздействии различных температур и других факторов внешней среды.

Физиологическая терморегуляция – совокупность физиологических факторов, регулирующих отдачу тепла из организма и тем самым обеспечивающих постоянную температуру тела животного.

3. Теплоотдача организмом энергии: излучение, конвекция, проведение тепла, испарение влаги с поверхности тела и дыхательных путей

Одной из основных физиологических констант у высших животных является постоянная в норме температура тела. Она поддерживается примерно на одном уровне независимо от условий внешней среды. Это постоянство температуры тела называется *изотермией*, или *тепловым гомеостазом*.

Изотермия свойственна только теплокровным (гомойотермным) животным. У холоднокровных (пойкилотермных) животных температура тела переменна и следует за изменениями температуры окружающей среды (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся). Конечно, и у этих животных механизмы терморегуляции имеются, но они весьма несовершенны. Так, у лягушки температура тела зимой приближается к 0°C, а летом повышается до 20—25 °С. Соответственно возрастает и активность животного.

Сельскохозяйственные животные относятся к гомойотермным животным. Температура их тела, хотя и различается у разных видов, в норме колеблется в следующих узких пределах.

Нормальная температура тела сельскохозяйственных животных, °С:

Вид животного	t °С	Вид животного	t °С
Лошади:		Голуби	41,0–44,0
жеребята первых дней жизни	38,0–40,0	Крупный рогатый скот:	
старше года	38,0–39,5	до 6 недель	38,5–40,5
до 5 лет	37,5–38,5	до 6 месяцев	38,5–40,2
старше 5 лет	37,5–38,0	до года	38,5–40,0
Овцы:		старше года	37,5–39,5
ягнята до года	38,5–40,5	Козы:	
старше года	38,5–40,0	до года	38,5–41,0
Свиньи:		старше года	38,5–40,5
поросята	39,0–40,5	Собаки:	
старше года	38,5–40,0	щенки	38,2–39,5
Кошки:		взрослые	37,5–39,5
котята	38,5–40,0	Лисица (чернобурка)	38,7–40,7
взрослые	38,0–39,5	Морские свинки	37,5–39,5
Верблюды	35,0–38,6	Кролики	38,5–39,5
Норки	39,5–40,5	Утки	40,9–41,5
Нутрии	36,8–38,0	Индюки	40,0–41,5
Гуси	40,0–41,0	Куры	40,0–42,0

Повышение температуры выше нормы называется *гипертермией*, понижение ниже нормы — *гипотермией*. Падение температуры тела теплокровных ниже 25 °С и подъем выше 43 °С, как правило, вызывает гибель организма вследствие нарушения ферментативных процессов и необратимого изменения коллоидного состояния белков.

Теплопродукция. Постоянство температуры тела может поддерживаться лишь при условии равновесия (баланса) между процессами образования тепла и его отдачи во внешнюю среду.

Образование тепла происходит постоянно, его важнейшим источником являются окислительные процессы. Относительно небольшое количество тепла может поступать в организм из внешней среды с солнечной радиацией, подогретым кормом или водой. Поскольку теплопродукция тесно связана с уровнем метаболической активности, ее называют еще химической терморегуляцией.

Продуцируют тепло все ткани организма, однако больше его образуется там, где идут интенсивные химические реакции. К таким тканям относятся печень, сердце, головной мозг, эндокринные железы. В покоящихся мышцах скорость теплообразования относительно невелика, но поскольку мышцы занимают 35—50 % массы тела, их вклад в общую теплопродукцию является существенным.

В покое органы вносят в образование тепла следующий вклад: мышцы — 25 %, печень — 20, головной мозг — 13, сердце — 11, почки — 7, кожа — 5, остальные органы — 19 %. Во время интенсивной работы вклад мышц в общую теплопродукцию достигает 70—75 %.

Температура разных участков тела у животных неодинакова. В нем условно различают как бы две части: наружную — оболочку и внутреннюю — ядро. В ядро входят органы грудной и брюшной полостей, таза, а также головной мозг. Их температура практически строго постоянна и не зависит от температуры внешней среды.

Температура поверхности кожи животного неодинакова на разных участках. Разница температур на туловище и конечностях может достигать 10 °С и более. Наиболее высокая температура тела у животных в области паха, брюха, за ушами.

Температура внешней среды, при которой животное не испытывает ни тепла, ни холода (не дрожит и не потеет), называется *зоной температурного комфорта*. Для разных видов животных она различна. В среднем колебания находятся в диапазоне 14—25 °С.

Для молодняка (особенно поросят и цыплят) термонеутральная зона выше — до 30—35 °С. У телят и коров она значительно ниже температуры тела (5—16°С).

Выше и ниже указанных границ теплообразование соответственно уменьшается или увеличивается за счет усиления метаболических процессов. Это происходит в результате повышения произвольной мышечной активности, появления так называемой холодной мышечной дрожи (дрожательный термогенез), повышения активности желез внутренней секреции. Повышается температура также за счет усиленного потребления корма, как результат его специфически динамического действия.

4. Теплоотдача при повышенной и пониженной влажности, температуре окружающей среды

Теплоотдача (терморегуляция). Отдача тепла во внешнюю среду осуществляется физическими процессами — проведением, конвекцией, радиацией и испарением.

Проведение — это прямой обмен (передача) тепла между двумя объектами с разной температурой, находящимися в прямом контакте друг с другом (например, между курицей и гнездом). У сельскохозяйственных животных (за исключением птиц) этот путь теплоотдачи существенного значения не имеет.

Конвекция — это переход тепла в поток воздуха, который непрерывно движется вдоль поверхности тела, и, нагреваясь, заменяется новым, более холодным слоем. Конвекция тесно связана с теплопроводением. Чем быстрее движение воздуха или самого животного, тем большее количество тепла отдается теплопроводением благодаря усилению конвекции.

Излучение (радиация) — это отдача тепла телом в виде лучистой энергии инфракрасных лучей. Скорость излучения (энергия фотонов) увеличивается с повышением температуры тела.

Испарение — это превращение жидкости (пота) в газообразное состояние, т. е. в частицы пара, и их удаление с поверхности тела. Тепло для испарения берется непосредственно с поверхности тела, что приводит к его охлаждению.

Удельный вес каждого из перечисленных путей в теплоотдаче зависит от вида животного (наличие шерсти, скорость передвижения, размеры тела, степень развития потовых желез) и условий окружающей среды. Высокая влажность воздуха ограничивает теплоотдачу испарением, но увеличивает теплоотдачу проведением. При интенсивной физической работе или повышении внешней температуры резко повышается отдача испарением и снижается излучением, которое при температурном оптимуме является основным путем теплоотдачи.

У птиц основным путем теплоотдачи является контактное тепло проведение и теплоизлучение. В связи с отсутствием потовых желез испарение идет через легкие и воздухоносные мешки.

Фактором, обеспечивающим непрерывное течение метаболизма в разных органах и тканях, является определенная температура крови (37° — 38°C). Такая температура поддерживается специализированными физиологическими механизмами само регуляции, которые исключают резкие колебания ее в охлаждающей или согревающей среде.

Температура крови воспринимается температурными рецепторами сосудов или непосредственно центральными рецепторами гипоталамической области. Клетки переднего отдела гипоталамуса, воспринимающие повышение температуры крови, образуют центр теплоотдачи; клетки заднего отдела гипоталамуса, воспринимающие снижение температуры крови, — центр теплопродукции. Гипоталамус поэтому называют термостатом организма.

Кожная температурная чувствительность обеспечивается температурными рецепторами, расположенными непосредственно в коже, а также в кожных и подкожных сосудах. Различия холодových и тепловых рецепторов заключаются в специфических особенностях их мембран. Афферентная сигнализация от холодových кожных температурных рецепторов усиливает тонус центра теплопродукции, тогда как возбуждение тепловых рецепторов активирует центр теплоотдачи. Степень возбуждения гипоталамических центров терморегуляции определяет интенсивность процессов теплопродукции и теплоотдачи. Если эти процессы приблизительно одинаковы, температура крови поддерживается на оптимальном уровне.

Регуляция теплопродукции и теплоотдачи обеспечивается гипоталамическими центрами непосредственно или через железы внутренней секреции. Гормоны адреналин и

тироксин стимулируют теплопродукцию. В регуляции теплообмена участвуют и другие нервные центры— сосудодвигательный, дыхательный, двигательные спинного мозга.

Эффективным органом теплоотдачи является кожа, благодаря обилию в ней артериоловеноулярных анастомозов, резко меняющих капиллярный кровоток, и большой секреторной поверхности потовых желез. Нейрогенное расширение сосудов обусловлено открытием прекапиллярных сфинктеров и увеличением площади поверхности капилляров. Адреналин, связываясь с β -адренорецепторами, вызывает расширение мышечных сосудов. Вследствие гормонального воздействия сосудорасширяющий эффект становится более длительным, отдача тепла с поверхности кожи возрастает.

Определяющую роль в теплоотдаче играет и поведенческая терморегуляция животных. Сюда относятся смена временного режима пастбы, изменения двигательной активности, уход в укрытия и т. д. Крупный рогатый скот при адекватном питании хорошо переносит низкую температуру, но реагирует падением продуктивности и изменением состава молока на температуру $\geq 30\text{—}35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Степные овцы хорошо переносят сухое лето и зиму, но крайне чувствительны к повышенной влажности.

Контрольные вопросы:

1. Что такое химическая и физическая терморегуляция?
2. Что называют тепловым гомеостазом?
3. Что такое гипертермия и гипотермия?
4. Назовите нормальную температуру тела различных животных?
5. Совокупностью каких процессов происходит теплоотдача?
6. Дайте определения следующим понятиям: проведение, конвекция, радиация и испарение?

Лекция 9: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ»

Вопросы:

1. Органы выделения и их роль в жизнедеятельности организма.
2. Физиология почек.
3. Современная теория мочеобразования.
4. Нервная и гуморальная регуляция мочеобразования.

1. Органы выделения и их роль в жизнедеятельности организма

Выделение продуктов обмена во внешнюю среду является заключительной фазой обмена и необходимым условием жизни. Конечные продукты белкового обмена – мочевины, аммиак, мочевая кислота и др., а также вода и минеральные вещества выводятся преимущественно с мочой и в незначительной степени с потом. Кроме почек органами выделения у млекопитающих животных являются потовые железы, легкие, желудок и кишечник.

Выделительные органы, удаляя из организма воду и соли, участвуют в водно-солевом обмене, сохраняют относительное постоянство ионного состава, осмотического давления, рН

внутренней среды организма. Органы выделения принимают участие и в терморегуляции, поскольку испарение воды с потом и в легких понижает температуру тела.

Основное назначение органов выделения состоит в том, чтобы поддерживать постоянство состава и объема жидкостей внутренней среды организма, прежде всего в крови.

Все продукты обмена веществ выводятся в виде водных растворов. Выделительные процессы необходимы для поддержания относительного постоянства внутренней среды животных (гомеостаза), без которого жизнь невозможна. Если прекращается выделительная функция почек, то смерть наступает через 5–6 дней (а при голодании – через три недели и более). Продукты, выделяемые из организма, называются *экскрементами*.

Выделительные функции выполняют такие секреторные органы: слюнные железы, печень.

Роль в жизнедеятельности:

1. Выделение чужеродных веществ и нелетучих продуктов метаболизма.
2. Сохранение: а) кислотно–щелочного равновесия, б) водно–электролитного баланса.
3. Поддержание осмотического давления в организме.
4. Синтез некоторых продуктов и секреция веществ, влияющих на сосудистый тонус.
5. Участвуют в эритропоэзе.

2. Физиология почек

Почки имеют сложное строение. Основной функциональной единицей почки является нефрон. В нефроне происходят основные процессы, приводящие к образованию мочи.

В каждой почке крупного рогатого скота содержится 8, а у свиней – около 1,4 млн. нефронов.

Почки – главный выделительный орган организма, который обеспечивает постоянство внутренней среды.

Не менее 98% мочи составляет вода. С мочой же из организма выделяются соли и продукты неполного окисления белков, жиров, углеводов.

Строение почек сложное. Они имеют два слоя – корковый и мозговой.

Кровоснабжение почек отличается от кровоснабжения других органов. Таким образом втекающая в почку кровь последовательно проходит две сети капилляров, которые расположены одна за другой.

Между корковым и мозговым слоем почки имеется интермедуллярная (юкстамедуллярная) зона, в которой расположены крупные клубочки.

Путь крови по почечной артерии к почечной вене следующий: кровь поступает в почку через почечную артерию; затем течет по междолевой, дуговой, междольковой артериям, приносящей артериоле, клубочковым капиллярам, затем по междольковым, дугообразным и междолевым венам и в итоге поступает, а почечную вену, таким образом клубочковая ультрафильтрация происходит в клубочковых капиллярах, а поступление растворенных веществ и воды, реабсорбированных эпителиальными клетками, происходит в перитубулярные капилляры.

3. Современная теория мочеобразования

Выделительная функция почки состоит из 5 функциональных компонентов:

1. Фильтрации.
2. Проксимальной реабсорбции (обязательной).
3. Дистальной реабсорбции (факультативной).
4. Осмотического концентрирования мочи.
5. Форникальной реабсорбции.

Основным процессом является клубочковая фильтрация, вследствие которой из плазмы крови образуется первичная моча называется *ультрафильтрация*.

Для осуществления клубочковой фильтрации необходимо чтобы внутрикапиллярное – гидростатическое давление превышало онкотическое и капсульное.

Разность давления, обеспечивающая ультрафильтрационное давление.

Гидростатическое равно 70.

Онкотическое – 30 (зависит от количества белков плазмы и от соотношения их фракций). Преобладание грубодисперстных белков ведет к снижению онкотического давления.

Капсулярное = Белки стремятся удержать H₂O. Гидростатическое – вытеснить H₂O.

Фильтрационное давление обычно равно 40. Объем ультрафильтрата зависит от величины фильтрационного давления – чем оно выше, тем быстрее и в больших количествах образуется первичная моча.

Степень клубочковой фильтрации зависит от капсулярного давления, которое находится в прямой зависимости от реабсорбции H₂O в канальцах.

При повышенной реабсорбции клубочковое давление падает, т.е. фильтрация и реабсорбция находятся в тесной функциональной зависимости.

Клубочковая фильтрация обеспечивается следующими факторами:

1. Гидростатическое давление, которое зависит от артериального давления, тонуса афферентных и эфферентных артериол, количества «активных клубочков» и функционирования артерио–венозных анастомозов, состояния сосудов стенки и изменение просвета внутриорганных артериол и вен.

2. Онкотическое давление плазмы.

3. Внутрикапиллярное давление – зависит от внутриканальцевого, а оно зависит от проходимости почечных канальцев и верхних мочевых путей, от степени реабсорбции H₂O, от состояния эластичности почечной паренхимы, от лимфо– и кровообращения в почке и давления со стороны собственно крови.

4. Проницаемостью клубочковой мембраны, которая зависит от оксигенации тканей, рН крови, тканевой жидкости, от величины фильтрационной поверхности.

Процесс мочеобразования протекает в две фазы: фильтрационную и реабсорбционную.

– Фильтрационная фаза. Из плазмы крови, отфильтровывается вода и низкомолекулярные компоненты. Фильтрат плазмы крови переходит в полость капсулы Шумлянского–Боумана – образуется *первичная моча*. В ней не содержатся крупномолекулярные белки и форменные элементы крови, чем она и отличается от плазмы крови. Количество первичной мочи у коров достигает 900–1800 л, выделяется же мочи всего до 20 л в сутки.

– Реабсорбционная фаза. Образовавшаяся первичная моча из капсулы Шумлянско–Боумена переходит в систему извитых канальцев, где и начинается процесс реабсорбции – обратного всасывания. При реабсорбции натрия, калия, кальция, глюкозы и других веществ понижается осмотическое давление первичной мочи, что способствует реабсорбции воды. В этой фазе появляется и окрас мочи.

За сутки выделяется следующее количество мочи (л): лошадь – 2–10; бык от 6 до 20; овца – 0,5; свинья – 2–5; собака – 0,5–2,0; кошка – 0,2; кролик – 0,1. Все лишнее количество воды из организма выводится за 3–6 часов.

4. Нервная и гуморальная регуляция мочеобразования

Регуляцию процесса мочеобразования осуществляет нейрогуморальный механизм. Рефлекторные изменения деятельности почек осуществляются в результате сужения или расширения почечных сосудов, а также под действием гормонов гипофиза и надпочечников, щитовидной и паращитовидной желез.

Центры регуляции деятельности почек находятся в гипоталамусе и коре больших полушарий головного мозга. На деятельность почек можно выработать условный рефлекс.

Лекция 10 «ФИЗИОЛОГИЯ КОЖИ»

Вопросы:

1. Секреционная функция кожи. Потовые и сальные железы.
2. Сезонные изменения в волосяном покрове животных.

1. Секреционная функция кожи. Потовые и сальные железы

Кожа предохраняет организм от механических, химических, физических и других влияний внешней среды. Неповрежденная кожа непроницаема для микроорганизмов. Она участвует в физической регуляции внутренней температуры тела, в ней имеется четыре вида рецепции — тактильная, болевая, тепловая и холодовая.

Кожа богата кровеносными сосудами, в ней находится свыше 10% депонированной крови. Кожа – депо крови и некоторых солей, она плотна и эластична, покрыта волосами и обладает секреторной функцией, выделяет пот и кожное сало.

Исследование кожи проводят методами осмотра и пальпации, иногда используют перкуссию и пробный прокол. При паразитарных и инфекционных болезнях кожи нередко прибегают к микроскопии, аллергическим пробам и определению флюоресценции.

При исследовании кожи определяют состояние шерстного покрова (волос, шерсти, щетины) у млекопитающих и оперения (пера, пуха) у птиц; цвет, влажность, запах, температуру и эластичность кожи; выявляют характер нарушений свойств кожи, а затем отмечают патологические изменения кожи — увеличение ее объема, наличие на коже сыпи, нарушение ее целостности и т. д.

Волосяной (шерстный) покров (волос, шерсть, щетина) и оперение (перо, пух) при заболевании животного изменяют не только свой внешний вид, но и некоторые другие свойства.

У здоровых животных при правильном их содержании и кормлении кожа густо и равномерно покрыта гладко прилегающими, блестящими, эластичными, прочно удерживающимися волосами. В теплое время года волосы короче, в зимний период длиннее. Чтобы определить патологические изменения волосяного (шерстного) покрова и оперения, необходимо учитывать породу животного, полноценность кормления и условия содержания его, качество ухода за кожей.

При неудовлетворительной упитанности и плохих условиях содержания у коров и лошадей волосы взъерошены, длиннее обычных, грубые, сухие, тусклые, неплотно прилегают к коже, часто склеены и легко выдергиваются. У птиц при неполноценном кормлении и плохих условиях содержания перья взъерошены, нередко склеены, без присущей им глянцеvitости. Волосы у животных утрачивают блеск при сильном потении и загрязнении кожи, длительном лежании и во время линьки, но в отличие от патологического состояния в этих случаях они не становятся сухими и ломкими. Волосы бывают взъерошены у зябнувших животных, у плотоядных при резком возбуждении и часто при болезнях во время высокой лихорадки, особенно при острых инфекционных болезнях.

Цвет кожи зависит от наличия в ней пигмента и его количества, толщины кожи и кровенаполнения ее сосудов. Кожа овец, белых свиней, белых собак и кошек, а также птиц лишена пигмента и поэтому окрашена в бледно-розовый цвет. У большинства лошадей, крупного рогатого скота и коз кожа пигментирована и поэтому имеет темно-грифельный цвет, но у этих животных часто бывают беспигментные белые участки (отметины) на голове, конечностях, вокруг естественных отверстий, на сосках и вымени. Кожа серых и пегих лошадей обычно без пигмента. У птиц гребень и бородачка окрашены в красный цвет. У животных, лишенных непигментированных участков кожи, об изменении окраски тканей судят по результатам исследования слизистых оболочек. При исследовании кожи обращают внимание на ее бледность, покраснение, цианоз (синюшность) и желтушность.

Влажность кожи у различных видов животных выражена неодинаково, так как зависит от степени развития и функциональной деятельности потовых желез. Наиболее развиты потовые железы у лошадей, в меньшей степени — у овец, коз, крупного рогатого скота и свиней. У собак и кошек образование пота можно увидеть лишь на лапах. У птиц потовые железы отсутствуют. У лошадей пот более интенсивно выделяется на внутренней поверхности бедер, в паховой и срамной областях, на боковой поверхности шеи, у основания ушей, в окружности глаз, ноздрей и рта.

В нормальных условиях пот испаряется с поверхности кожи по мере его отделения. Поэтому при накладывании ладони на кожу на ее поверхности ощущается влажность, которая оценивается как умеренная. При высокой внешней температуре, возбуждении, мышечном напряжении образование пота усиливается и одного испарения может оказаться недостаточно для удаления всей влаги, в этом случае волосы покрываются капельками пота. На участках кожи, где происходит трение (на складках кожи, под сбруей), пот быстро сбивается в белую пену, которая при высыхании склеивает волосы, делая их жесткими и комковатыми.

Пот становится холодным и липким, если он появляется на сильно охлажденной коже, или вследствие значительного падения кровяного давления, сильного накопления двуокиси углерода в крови, при спазме поверхностных сосудов и обеднении их кровью. Появление холодного пота — нередко неблагоприятный в прогностическом отношении признак при

перитоните, разрыве желудка или кишечника у лошади, резкой одышке, асфиксии, резком ослаблении сердечной деятельности, параличе сосудов, коллапсе и агонии.

Для каждого вида животных запах кожи специфичен. Он возникает вследствие разложения кожного сала, пота и отслоившихся клеток эпидермиса. У здоровых животных при правильном уходе за кожей (чистка, обмывание, купание) запах умерен, но выражен. Он резко усиливается при загрязнении кожи фекалиями и мочой. При патологических состояниях появляются различной интенсивности запахи, не свойственные коже, которые служат ценными диагностическими симптомами. Так, при кетозе у коров и овец кожа имеет запах ацетона; при некробактериозе, гиподерматозе крупного рогатого скота и гангренозной форме оспы овец она приобретает гангренозный (трупный) запах, а при диспепсии, колибактериозе и сальмонеллезе телят — сладковатый, приторный. При острой уремии вследствие недостаточности почек и при разрыве мочевого пузыря в результате закупорки уретры мочевыми камнями кожа имеет запах мочи.

Определение температуры кожи позволяет судить о характере патологических процессов в ней, в подлежащих тканях и внутренних органах, о равномерности распределения крови в кожных кровеносных сосудах, о величине теплоотдачи и в определенной степени о температуре тела.

Температура кожи зависит от густоты сети кровеносных сосудов, а также от количества крови и скорости кровотока в них, величины теплоотдачи. Она колеблется в зависимости от вида и породы животного и неодинакова на разных участках тела. В местах, хорошо защищенных длинным волосом, например под челкой, гривой, щетками у лошадей, а также на соприкасающихся одна с другой поверхностях кожи (паховая область) температура значительно выше, чем на открытых участках (боковые поверхности груди и живота, конечности и др.). Но на таких открытых участках, как губы, окружность носа, уши, череп, кожа гораздо теплее, чем на более защищенных местах. Это объясняется густотой сети кровеносных сосудов. Самую низкую температуру имеют конечности и кончик хвоста.

Температуру кожи обычно определяют методом пальпации. Ощупывая одновременно двумя руками кожу парных органов и симметричных участков, судят о равномерности распределения и об изменении на них температуры. Существуют места, где чаще и заметнее изменяется температура кожи. У рогатого скота к таким местам относятся основание рогов, уши, конечности; у лошадей — уши, конечности и боковые поверхности груди; у свиней — пяточок и уши; у собак и кошек — кончик носа. Кожа у здоровых животных в спокойном состоянии умеренно теплая, и температура кожи одинакова на симметричных участках тела. При мышечном напряжении кожная температура нарастает параллельно с продолжающимся движением и снижается только с появлением пота.

Тепловизоры позволяют определить температуру кожи на некотором расстоянии от животного с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Метод получения видимых изображений инфракрасного излучения тканей и органов называется термографией. По незначительным изменениям температуры можно распознавать воспалительные и опухолевые заболевания различных органов и другие патологические процессы. Также применяют электротермометры со специальными датчиками.

Эластичность кожи, или упругость, напряженность, тургор — состояние постоянного напряжения кожи, зависящее от содержания в ней жидкости — крови в сосудах, лимфы в межтканевых щелях, а также от степени развития подкожной клетчатки и состояния тонуса нервной системы. Эластичность кожи проверяют у крупного рогатого скота на грудной

стенке в области последнего ребра, у лошади — в области верхней трети шеи, у мелких животных — на спине. У здоровых с хорошей упитанностью животных кожа эластичная. Здоровая кожа, собранная двумя пальцами в складку на участках тела с рыхлой подкожной клетчаткой, ощущается плотной, упругой и после разжатия пальцев быстро расправляется до прежнего состояния.

Пот – продукт секреции потовых желез, содержит белки, мочевую кислоту, аммиак, пигменты и неорганические вещества. У лошади и овцы потовые железы распределены по всему телу, у коров и свиней – сосредоточены в области головы.

Количество выделяемого пота непостоянно, оно зависит от температуры воздуха, физической работы, температуры корма и др.

Регулируется секреция потовых желез симпатическими и парасимпатическими нервами. Раздражителем потоотделительного рефлекса является температура окружающей среды.

Кожное сало – продукт сальных желез, который вытесняется через выводные протоки на поверхность кожи. Кожное сало смазывает кожу и защищает ее от высыхания и образования трещин, благодаря чему она непроницаема для воды. Волосы делаются мягкими, блестящими, а кожа становится эластичной. Важное значение имеет кожное сало для водоплавающей птицы. Выжимая клювом из копчиковой железы секрет, птица смазывает им перья, предохраняя их от смачивания водой.

Смесь пота и кожного сала называется жиропотом, который сохраняет качество шерсти у овец. Жиропот смазывает шерстинки, предохраняет их от смачивания водой, делает их более гибкими и прочными, склеивает шерстинки в компактные пучки, формируя хорошее руно, а также предохраняет шерсть от загрязнения ее пылью и другими веществами.

Кожа богата рецепторами, воспринимающими разнообразные раздражения среды.

В коже содержится много воды (до 60%) и имеются пигменты гемосидерин (красный) и меланин (черный). От их концентрации зависит цвет кожи и волос.

В коже совершается интенсивный обмен веществ. Она синтезирует гистамин и расщепляет углеводы. При физической работе кожа выделяет в кровь значительное количество молочной кислоты, используемой в печени для образования гликогена. В коже расщепляются и белковые вещества, поэтому в ней содержится много остаточного азота и аминокислот.

Кожа находится под постоянным воздействием внешней среды и тесно связана через нервную и кровеносную систему с внутренними органами.

Раздражение кожных рецепторов влияет на деятельность сердца, кровяное давление, дыхание, просвет сосудов и др. На этом основано значение массажа кожи, купания.

На кожу животных оказывают разностороннее воздействие световые лучи, особенно ультрафиолетовые, повышающие обмен веществ в коже и образующие в ней биологически активные вещества, в том числе и витамин D.

2. Сезонные изменения в волосяном покрове животных

Нарушения смены волос и перьев. У здоровых животных весной и осенью закономерно происходит периодическая смена волос, а у птиц — перьев (линька). Покровные волосы частично сменяются новыми. Осенью появляются длинные, мягкие волосы. С наступлением весенних теплых дней животные начинают линять, но, когда теплые

дни сменяются холодными, линька задерживается до следующего потепления. При хорошей упитанности линька идет недолго, особенно у лошадей — всего в течение 15—20 дней. У старых и истощенных животных смена волос задерживается. У лошадей в таких случаях линька длится до 30 дней.

Весной зимние волосы заменяются менее плотными и более короткими. Как правило, линька начинается с крупа, потом распространяется на поясничную часть и грудную клетку и в последнюю очередь на живот и конечности. Длинные волосы гривы и хвоста лошадей держатся в течение 3—5 лет, и смена их происходит перманентно, в зависимости от изнашивания волосяных луковиц.

У грубошерстных овец весь пух и часть шерсти выпадают весной. Линька у этих овец незаметна из-за стрижки, проводимой весной и осенью. У овец культурных пород в течение года происходит частичная перманентная смена шерстистых волос. Щетинистые волосы у свиней также выпадают в неопределенное время года. У птиц в конце лета или осенью полная смена перьев проходит в течение 4—6 нед (у гусей до 3 мес). Весной перья у них сменяются частично. В этот период изменяется цвет зимнего оперения на более яркий.

Смена волос иногда может начаться раньше обыкновенного, если кормление и содержание животных улучшились.

Для оценки прочности удерживания волос в коже на различных участках тела большим и указательным пальцами захватывают пучок волос и слегка дергают. Если на пальцах остается незначительное количество волос, то считают, что волосы удерживаются в коже прочно. Если выдергивается целый пучок волос, то это указывает на слабое их удерживание в коже.

Лекция 11: «ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ»

Вопросы:

1. Понятие о железах внутренней секреции.
2. Характеристика гормонов и их классификация.
3. Гипоталамо-гипофизарная система. Гипофиз, его роль в организме.
4. Эндокринные функции желез внутренней секреции.

1. Понятие о железах внутренней секреции

Железами внутренней секреции или *эндокринными* называются железистые органы, которые выделяют образуемые ими биологически активные вещества непосредственно в кровь или лимфу.

Их делят на две группы:

1. Только эндокринные (гипофиз, надпочечники, щитовидная железа, околощитовидная железы (возможно тимус), эпифиз).
2. Смешанные, т.е. органы с эндокринной тканью (поджелудочная железа, половые железы (семенники и яичники)).

Органы, ткани и клетки с эндокринной функцией

Эндокринные железы	Гормоны
Гипофиз	
1. аденогипофиз	Кортикотропин Меланотропин Фоллитропин Лютропин Тиреотропин Соматотропин Пролактин
2. нейрогипофиз	Вазопрессин Окситоцин
Надпочечники	
1. корковое вещество	Минералокортикоиды Глюкокортикоиды Половые стероиды
2. мозговое вещество	Адреналин Норадреналин
Щитовидная железа	Трийодтиронин Тетрайодтиронин Кальцитонин
Околощитовидные железы	Паратирин Кальцитонин
Эпифиз	Мелотонин
Поджелудочная железа (инкреторная часть)	Глюкагон Инсулин Соматостатин
Половые железы	
Яичники	Эстрон Эстрол Эстрадиол
Желтое тело	Прогестерон
Семенники	Тестостерон Эстрогены Ингибин
Плацента	Хорионический гонадотропин Пролактин Эстриол Прогестерон
Тимус	Тимозин Тимопоэтин
Почки	Ренин Эритропоэтин Кальцитриол
Сердце	Атриопептид Соматостатин Ангиотензин–II

2. Характеристика гормонов и их классификация

У гормонов имеются следующие основные свойства:

1. Дистантный характер действия (пример – гипофиз – надпочечники).
2. Специфичность (пример – инсулин снижает содержание глюкозы, глюкагон – повышает) обычно на каждую функцию влияет несколько гормонов.
3. Высокая биологическая активность – малые концентрации – большие последствия.
4. Небольшие размеры молекул (хорошо проникают через мембраны клеток).
5. Сравнительно быстрое разрушение гормонов тканями.
6. Отсутствие у большинства гормонов видовой специфичности.

Влияние гормонов на ткани определяется специфичностью гормона и особенностями клеток. Ткани, в которых изменяются синтетические процессы на действие какого-либо гормона, названы мишенями. Гормоны влияют на все стороны обмена веществ, функции и структуры в организме.

Действие гормонов находится в прямой связи с их химической природой. По этому признаку они делятся:

1. Гормоны белковой природы – обладают большой молекулярной массой.
2. Стероидные гормоны.
3. Либерины, статины и другие амины.

К белковой природе относятся: гормоны гипофиза, поджелудочной железы, щитовидной и пара щитовидной желез, мозгового слоя надпочечников.

Стероидные – гормоны коры надпочечников, семенников, яичников, нейросекреты гипоталамических ядер, мелатонин эпифиза.

3. Гипоталамо–гипофизарная система

В регуляции деятельности ЖВС участвуют – кора больших полушарий, промежуточный мозг. Непосредственный регулятор – гипоталамус. Он связан с корой больших полушарий, ретикулярной формацией, подкорковыми образованиями, таламусом, стволом мозга и спинным мозгом.

Гипоталамус осуществляет регуляцию деятельности периферических ЖВС через гипофиз, так и минуя гипофиз. В гипоталамусе образуются высокоактивные гормональные вещества – пептидные гормоны – либерины и статины.

Либерин – ускоряющий, стимулирующий, активирующий. Статин – ингибирующий, угнетающий, замедляющий.

На каждый гормон гипофиза в гипоталамусе вырабатывается соответствующий либерин. Эндокринными функциями обладают:

- 1) органы или железы внутренней секреции,
- 2) эндокринная ткань в органе, функция которого не сводится лишь к внутренней секреции,
- 3) клетки, обладающие наряду с эндокринной и не эндокринным функциями.

Гипофиз представляет собой эндокринный орган, в котором объединены одновременно три железы, соответствующие его отделам или долям. Передняя доля гипофиза получила название аденогипофиза. По морфологическим критериям это железа эпителиального происхождения, содержащая несколько типов эндокринных клеток. Задняя

доля гипофиза, или нейрогипофиз, образуется в эмбриогенезе как выпячивание вентрального гипоталамуса и имеет общее с ним нейроэктодермальное происхождение. В нейрогипофизе локализованы веретенообразные клетки — питуициды и аксоны гипоталамических нейронов. Третья, или промежуточная доля гипофиза.

В аденогипофизе синтезируются и секретируются пять основных типов гормонов: кортикотропин, гонадотропины (фоллитропин и лютропин), тиреотропин, пролактин и соматотропин. Первые три из них обеспечивают гипофизарную регуляцию периферических эндокринных желез (коры надпочечников, половых желез и щитовидной железы), т.е. участвуют в реализации гипофизарного пути управления. Для двух других гормонов (соматотропина и пролактина) гипофиз выступает в роли периферической эндокринной железы, поскольку эти гормоны сами действуют на ткани–мишени.

Нейрогипофиз не образует, а лишь накапливает и секретирует нейrogормоны супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталамуса — вазопрессин и окситоцин.

Гормоны промежуточной доли. Меланотропин у взрослого человека, в отличие от животных с обильным волосным покровом, практически не синтезируется. Функции этого гормона, заключающиеся в синтезе меланина, его дисперсии в отростках меланоцитов кожи, увеличении свободного пигмента в эпидермисе и, в конечном счете повышении пигментации кожи и волос, выполняют в большей мере кортикотропин и липотропин.

4. Эндокринные функции желез внутренней секреции

Надпочечники являются парной железой внутренней секреции, морфологически и функционально состоящей из двух разных по эмбриональному происхождению тканей — коркового и мозгового вещества. Кора надпочечников, занимающая по объему 80% всей железы, состоит из трех клеточных зон: наружной клубочковой зоны, образующей минералокортикоиды, средней пучковой зоны, образующей глюкокортикоиды, и внутренней сетчатой зоны, в небольшом количестве продуцирующей половые стероиды. Все кортикоиды образуются из холестерина крови и синтезируемого в самих корковых клетках.

Минералокортикоиды являются жизненно важными гормонами, так как гибель организма после удаления надпочечников можно предотвратить, вводя гормоны извне. Минералокортикоиды усиливают воспаление и реакции иммунной системы. Избыточная их продукция ведет к задержке в организме натрия и воды, отекам и артериальной гипертензии, потере калия и водородных ионов, к нарушениям возбудимости нервной системы и миокарда. Недостаток альдостерона у человека сопровождается уменьшением объема крови, гипотензией, угнетением возбудимости нервной системы.

Глюкокортикоиды прямо или опосредованно регулируют почти все виды обмена веществ и физиологические функции.

Физиологические эффекты андрогенов надпочечника проявляются в виде стимуляции окостенения эпифизарных хрящей, повышения синтеза белка (анаболический эффект) в коже, мышечной и костной ткани, а также формировании у женщин полового поведения. Гормоны являются предшественниками основного андрогена семенников — тестостерона и могут превращаться в него при метаболизме в тканях.

Гормоны мозгового вещества — катехоламины — образуются из аминокислоты тирозина поэтапно: тирозин–ДОФА–дофамин–норад– реналин–адреналин.

Эндокринные функции присущи двум типам клеток *щитовидной железы*: А–клеткам или тироцитам, образующим фолликулы и способным захватывать иод и синтезировать иодсодержащие тиреоидные гормоны, а также парафолликулярным К–клеткам, образующим кальций–регулирующий гормон кальцитонин.

Гормоны щитовидной железы принимают участие в регуляции обмена веществ и физиологических функций в организме. Основными метаболическими эффектами тиреоидных гормонов являются: 1) усиление поглощения кислорода клетками и митохондриями с активацией окислительных процессов и увеличением основного обмена, 2) стимуляция синтеза белка за счет повышения проницаемости мембран клетки для аминокислот и активации генетического аппарата клетки, 3) липолитический эффект и окисление жирных кислот с падением их уровня в крови, 4) активация синтеза и экскреции холестерина с желчью, 5) гипергликемия за счет активации распада гликогена в печени и повышения всасывания глюкозы в кишечнике, 6) повышение потребления и окисления глюкозы клетками, 7) активация инсулиназы печени и ускорение инактивации инсулина, 8) стимуляция секреции инсулина за счет гипергликемии. Таким образом, тиреоидные гормоны, стимулируя секрецию инсулина и одновременно вызывая контринсулярные эффекты, могут также способствовать развитию сахарного диабета.

Кальцитонин является пептидным гормоном парафолликулярных К–клеток щитовидной железы, но образуется также в тимусе и в легких.

Кальцитонин является одним из кальций–регулирующих гормонов, и регуляция его секреции осуществляется уровнем ионизированного кальция крови за счет обратных связей.

Эндокринную функцию в *поджелудочной железе* выполняют скопления клеток эпителиального происхождения, получившие название островков Лангерганса и составляющие всего 1–2 % массы поджелудочной железы.

Физиологические эффекты инсулина. Инсулин оказывает влияние на все виды обмена веществ, он способствует анаболическим процессам, увеличивая синтез гликогена, жиров и белков, тормозя эффекты многочисленных контринсулярных гормонов (глюкагона, катехоламинов, глюкокортикоидов и соматотропина).

Действие инсулина на углеводный обмен проявляется: 1) повышением проницаемости мембран в мышцах и жировой ткани для глюкозы, 2) активацией утилизации глюкозы клетками, 3) усилением процессов фосфорилирования; 4) подавлением распада и стимуляцией синтеза гликогена; 5) угнетением глюконеогенеза; 6) активацией процессов гликолиза; 7) гипогликемией.

Действие инсулина на белковый обмен состоит в: 1) повышении проницаемости мембран для аминокислот; 2) усилении синтеза иРНК; 3) активации в печени синтеза аминокислот; 4) повышении синтеза и подавлении распада белков.

Основные эффекты инсулина на липидный обмен: 1) стимуляция синтеза свободных жирных кислот из глюкозы; 2) стимуляция синтеза триглицеридов; 3) подавление распада жира; 4) активация окисления кетоновых тел в печени.

Физиологические эффекты глюкагона. Глюкагон является мощным контринсулярным гормоном, и его эффекты реализуются в тканях через систему вторичного посредника аденилатциклаза–цАМФ. В отличие от инсулина, глюкагон повышает уровень сахара в крови, в связи с чем, его называют гипергликемическим гормоном. Основные эффекты глюкагона проявляются в следующих сдвигах метаболизма: 1) активация гликогенолиза в печени и мышцах; 2) активация глюконеогенеза; 3) активация липолиза и подавление

синтеза жира; 4) повышение синтеза кетоновых тел в печени и угнетение их окисления; 5) стимуляция катаболизма белков в тканях, прежде всего в печени, и увеличение синтеза мочевины.

Функции половых гормонов. Основные метаболические и функциональные эффекты тестостерона: 1) обеспечение процессов половой дифференцировки в эмбриогенезе; 2) развитие первичных и вторичных половых признаков; 3) формирование структур центральной нервной системы, обеспечивающих половое поведение и функции; 4) генерализованное анаболическое действие, обеспечивающее рост скелета, мускулатуру, распределение подкожного жира; 5) регуляция сперматогенеза; 6) задержка в организме азота, калия, фосфата, кальция; 7) активация синтеза РНК; 8) стимуляция эритропоэза.

Эстрогены необходимы для процессов половой дифференцировки в эмбриогенезе, полового созревания и развития женских половых признаков, установления женского полового цикла, роста мышцы и железитого эпителия матки, развития молочных желез. В итоге, эстрогены неразрывно связаны с реализацией полового поведения, с овогенезом, процессами оплодотворения и имплантации яйцеклетки, развития и дифференцировки плода, нормального родового акта. Эстрогены подавляют резорбцию кости, задерживают в организме азот, воду и соли, оказывая общее анаболическое действие, хотя и более слабое, чем андрогены.

Прогестерон является гормоном сохранения беременности (гестагеном), так как ослабляет готовность мускулатуры матки к сокращению. Необходим гормон в малых концентрациях и для овуляции.

Большие количества прогестерона, образующиеся желтым телом, подавляют секрецию гипофизарных гонадотропинов. Прогестерон обладает выраженным антиальдостероновым эффектом, поэтому стимулирует диурез натрия.

Плацента настолько тесно связана с организмами матери и плода, что принято говорить о комплексе "мать–плацента–плод" или "фетоплацентарном комплексе".

Тимус (вилочковая железа), как уже отмечалось, является центральным органом иммунитета, обеспечивающим продукцию специфических Т–лимфоцитов. Наряду с этим, тимоциты секретируют в кровь гормональные факторы, оказывающие не только эффекты на дифференцировку Т–клеток с обеспечением иммунокомпетентности (тимозин, тимопоэтин), но и ряд общих регуляторных эффектов.

Лекция 12: «ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ»

Вопросы:

1. Половая и физиологическая зрелость животных.
2. Физико–химические свойства спермы. Сроки переживаемости спермиев в разных отделах половых путей самок.
3. Оценка качества спермы.
4. Половой цикл и его стадии.
5. Беременность, ее продолжительность у разных видов сельскохозяйственных животных и ее влияние на организм самки.
6. Процесс родов.

1. Половая и физиологическая зрелость животных

Размножение — сложный физиологический процесс, обеспечивающий воспроизводство и сохранение вида. Сельскохозяйственные животные размножаются половым путем, который заключается в слиянии и взаимной ассимиляции–диссимиляции половых клеток самцов и самок. Половое размножение возможно с наступлением полового созревания. К этому времени в половой системе созревают половые клетки, синтезируются половые гормоны, самки могут стать беременными и вынашивать плод. Сельскохозяйственных животных начинают использовать для размножения позже, т. е. когда наступает хозяйственная зрелость.

В этом возрасте в яичниках самок начинают периодически развиваться фолликулы, созревают яйцеклетки и самки приходят в половую охоту, а у самцов в семенниках начинается образование спермиев. Этот период называется *половой зрелостью*.

Следовательно, *половое созревание* – это морфологическое и функциональное формирование полового аппарата, когда самец становится способным оплодотворить самку, а самка – забеременеть. Сроки полового созревания различны, они зависят от вида животного, породы, условий кормления, содержания, климатических факторов.

Непосредственной причиной, побуждающей процесс полового созревания животных, является увеличение секреции гонадотропных гормонов гипофизом.

Половая зрелость наступает значительно раньше, чем заканчивается физиологическое созревание организма.

Физиологическое созревание — это состояние, когда организм приобретает формы, свойственные взрослому животному данного пола и достигает 70–75% его живой массы. Период физиологического созревания является оптимальным временем включения животного в репродуктивный процесс. Существует обратная связь между интенсивностью репродуктивного процесса (численности потомства или скорости воспроизводства) и продолжительностью жизни.

Сроки полового созревания и использования животных для воспроизводства

Вид животного	Возраст наступления полового созревания, мес.	Возраст использования для размножения, мес.	Возраст нормального воспроизводства, годы
КРС	8–10	16–18	12–14
МРС	7–8	12–18	6–7
Лошадь	15–18	36–48	18–20
Свинья	5–8	8–11	5–6

2. Физико–химические свойства спермы

Сперма состоит из мужских половых клеток–спермиев, секрета придаточных половых желез, жидкости, вырабатываемой придатками семенников.

Сперма, выделяемая самцом за одну садку, называется *эякулятом*. Объем эякулята и количество в нем спермиев зависит от вида животных, кормления и содержания.

Объем эякулята и содержание в нем спермиев (по В. К. Милованову)

Производитель	Объем эякулята, мл.	Количество спермиев в 1 мл, млрд.	Общее количество спермиев в эякуляте, млрд.
Баран	1–2	2–5	2–10
Бык	4–5	1–2	4–10
Хряк	200–400	0,1–0,2	20–80
Жеребец	50–100	0,08–0,2	4–20

Плазма спермы содержит питательные вещества для спермиев, соли и другие вещества, влияющие на их жизнедеятельность. В них есть выделенные предстательной железой простагландины и вазогландины активные вещества, вызывающие сокращение мускулатуры матки и кишечника, а также антиагглютинин, препятствующий склеиванию спермиев.

В половых путях самок есть участки, в которых спермии могут некоторое время сохранять свою оплодотворяющую способность. У животных с маточным типом осеменения (свиньи и кобылы) – это тело и вершины рогов матки. У животных с влагалищным типом естественного осеменения (коровы и овцы) шейка матки.

В половых органах коров и овец продолжительность жизни спермиев – 36–48 часов.

Свиней, кобыл – 24–48 часов.

Среда влагалища губительна для спермиев. Также жизнеспособность спермиев зависит от общего состояния самок. Так у кобыл плохой упитанности изнуренной работой уже через 12–24 часа после осеменения в матке находятся неподвижные погибшие спермии. Жизнеспособность зависит также от качества самой спермы производителей, т.е. чем дольше выживаемость вне организма, тем выше их оплодотворяющая способность.

3. Оценка качества спермы

При визуальной оценке качества спермы определяют ее объем, цвет, запах и консистенцию.

Объем спермы определяют сразу после ее получения от производителей. Сперму быка измеряют градуированной пипеткой на 10 мл, а барана – па 2 мл. Объем спермы хряка и жеребца определяют в градуированной мензурке после процеживания через 2–3 слоя стерильной марли. Измерительная посуда должна быть подогретой до 40 °С.

Цвет спермы. Осматривать ее следует при хорошем освещении. У быка и барана нормальная сперма белого цвета с желтоватым оттенком, у хряка и жеребца — молочно–белая с сероватым оттенком.

Запах спермы. Нормальная сперма производителей обычно без запаха. У барана она может иметь специфический запах жиропота, у быка – запах парного молока.

Консистенция спермы. У барана она густая, сметанообразной консистенции, у быка – более жидкая, сливкообразная, у хряка и жеребца – жидкая, водянистая.

4. Половой цикл и его стадии

Половой цикл — это периодически повторяющийся у половозрелых самок комплекс морфофизиологических и биохимических изменений, связанных с размножением.

У особей, которые размножаются в течение всего года, циклы повторяются (при отсутствии беременности) многократно, без перерыва. Такие животные называются полициклическими. К ним относятся крупный рогатый скот, свиньи, лошади.

Животные, имеющие один репродуктивный цикл в году (собаки, кошки, звери), называются моноциклическими. Промежуточную группу составляют сезонно полициклические животные — буйволы, овцы, козы, северные олени, верблюды, кролики. Половые циклы проявляются у них несколько месяцев в году, причем сезон половой активности обусловлен климатическими факторами, в первую очередь длиной светового дня.

Продолжительность и характер циклов значительно варьируют у разных видов животных. У самок сельскохозяйственных животных цикл составляет, в днях:

корова – 21, верблюдица – 9–50, овца, коза – 17, свинья – 21, крольчиха – 8–9, кобыла – 21, собака – 90–150.

Каждый половой цикл протекает стадийно и сопровождается изменениями в яичниках, матке, влагалище, а также в характере поведения животных. Иногда половой цикл называют эстральным циклом, поскольку обязательной фазой нормального цикла является состояние *эструса (течки)*.

Поскольку причиной всех циклических изменений половой сферы и поведения животных является ритмическая смена функционального состояния яичников и соответствующие изменения гормонального баланса, с физиологической точки зрения правильнее стадийность полового цикла связывать с закономерностями овариальной цикличности.

С этой позиции половой цикл условно делят на фолликулярную и лютеиновую стадии (фазы).

В фолликулярную фазу в яичниках созревают фолликулы, вырабатываются эстрогены, вызывающие половое возбуждение и прилив крови к половым органам. У самок сельскохозяйственных животных фолликулярной фазе соответствуют такие проявления, как течка (сопровождающаяся беспокойством животного и истечением слизи из половых органов) и половая охота, т. е. положительная реакция самки на самца. Продолжительность течки и охоты у разных животных неодинакова.

Первый день охоты обычно считают началом полового цикла (нулевой день цикла).

Во время охоты или вскоре после нее (в конце фолликулярной фазы) происходит овуляция (разрыв фолликулов и выход яйцеклетки) у коров, овец и свиней. У этих животных, а также у лошадей овуляция наступает спонтанно, т. е. самопроизвольно. Спаривание не является обязательным условием для разрыва фолликулов, хотя и ускоряет овуляцию.

У большинства многоплодных животных фолликулы в яичниках развиваются неодновременно (асинхронно); поэтому и овуляция проходит продолжительное время — у свиней она длится в течение 20—40 ч после начала охоты, у овец интервал между двумя овуляциями составляет 2—6 ч. В период половой охоты увеличивается сократительная деятельность матки. Сильные ритмические сокращения продольных мышц сопровождаются расслаблением круговых (циркуляторных) мышц, в результате чего матка укорачивается, а канал шейки матки раскрывается.

После овуляции наступает вторая фаза цикла — лютеальная, связанная с образованием и функционированием желтого тела. Это образование формируется из клеточных элементов фолликула и имеет желтый или бледно-желтый цвет. Число

образующихся желтых тел связано с числом овулировавших фолликулов и варьирует в зависимости от вида животных. В желтом теле имеются два типа клеток лютеоцитов — крупные и мелкие; крупные происходят из гранулезных клеток, мелкие — из клеток теки фолликула. Масса желтого тела после овуляции обусловлена в основном увеличением размеров лютеоцитов, но не их числом.

Лютеальная фаза занимает по продолжительности примерно 2/3 полового цикла у крупных видов сельскохозяйственных животных. Таким образом, создается длительный интервал до конца цикла, когда—либо наступает беременность, либо подготавливается новый половой цикл. В первом случае желтое тело продолжает расти в размерах и функционирует на протяжении всей беременности и даже после нее (желтое тело беременности). Во втором случае желтое тело через 2 нед подвергается регрессии. В яичниках возобновляется рост фолликулов и вскоре наступает новый половой цикл.

Таким образом, неустойчивое гормональное равновесие (эстрогены — прогестерон — гонадотропины) обуславливает периодичность половых циклов при отсутствии беременности.

5. Беременность, ее продолжительность у разных видов сельскохозяйственных животных и ее влияние на организм самки.

Беременность домашних животных обозначают специальными терминами, применительно к виду (стельность, жеребость, супоросность, суягность, сукрольность и т. д.), продолжительность ее в среднем составляет:

Животные	дни	Животные	дни
Верблюдицы	365	Собаки	62
Кобылы	338	Кошки	56
Ослицы	330	Морские свинки	60
Буйволицы	307	Лисицы	53
Коровы	282	Песцы	52
Важенки	232	Норки	46
Овцы	148	Крольчихи	30
Козы	150	Крысы	22
Свиньи	112	Белые мыши	20

6. Процесс родов

Роды – физиологический процесс изгнания из матки через родовые пути плода и плаценты с плодовыми оболочками и околоплодными водами. Нормальные роды наступают тогда, когда плод становится зрелым и способным к внеутробному существованию.

Процесс родов делят на три фазы: 1) раскрытие родовых путей; 2) изгнание плода; 3) послеродовая фаза (выходят плодные оболочки – послед). Отделение последа происходит у коров через 8–10 ч, у кобыл — 0,5–1 ч, у свиней он отделяется после рождения каждого плода.

К факторам, предрасполагающим к родам, относятся: 1) повышение чувствительности стенки матки к нервным и гуморальным раздражителям; 2) усиление двигательной активности плода.

Непосредственная причина изгнания плода – периодические волнообразные сокращения гладких мышц матки (схватки) и мышц брюшного пресса (потуги), возникающие вследствие резкого изменения гормонального баланса организма.

Стадия выделения плода относительно короткая. Пройдя через шейку матки, влагалище плод появляется у промежности. Этому способствует сокращение мышц матки и брюшного пресса, давление на плод максимальное.

Стадия отделения последа наступает через 10–25 минут после рождения плода.

К моменту отела при массе плода 27–40 кг – матка коровы имеет массу 6–9 кг, содержит 10–17 л околоплодной жидкости и плацентарные оболочки массой 5–6 кг.

После инволюции (т.е. восстановления исходного состояния) матка имеет массу 0,5–1 кг.

Эластичные свойства гладких мышц матки способствуют значительному уменьшению ее размеров уже через несколько часов после родов.

Ускоряет инволюцию окситоцин, выделяемый при подсосе или доении животного.

Лекция 13: «ФИЗИОЛОГИЯ ЛАКТАЦИЯ»

Вопросы:

1. Лактационный период и продолжительность лактации у разных видов животных.
2. Методика исследования вымени.
3. Молокообразование.
4. Молозиво и молоко, их состав и биологическое значение.
5. Регуляция молокообразования.

1. Лактационный период и продолжительность лактации у разных видов животных.

Лактация (лат. Lactatio) – молокоотделение, процесс образования, накопления и выведения молока из молочных желез животных. Это период времени от отела до запуска коров.

Продолжительность лактационного периода у животных: у коров – 240–305 дней, коз – 240–300, овец – 130–150, кобыл – до 270 дней и более, свиней – 60–70, у верблюдиц – 300 дней.

Лактацию условно можно разделить на три периода: молозивный (5–7 дней), выделения нормального молока (285–277 дней) и период получения стародойного молока (7–10 дней) перед запуском коровы.

Стандартной считают лактацию у коров длительностью 305 дней. Если она продолжается более 305 дней, ее называют удлинённой, менее 305 дней – укороченной, но для учета молочной продуктивности она не должна быть менее 240 дней. Лактационная кривая графически показывает характер распределения молока (количество надоенного молока) по отдельным отрезкам времени (дням, декадам и месяцам) и за весь лактационный период.

По характеру лактационной кривой коровы делятся на 4 типа:

I – с высокой устойчивой лактацией; в первые 1–2 мес после отела достигается максимальная продуктивность, которая сохраняется длительное время, снижение ее к

запуску медленное, лактационная кривая плавная; коровы имеют нормальный лактационный период, высокую молочную продуктивность, хорошие воспроизводительные функции;

II – с высокой неустойчивой лактационной деятельностью, когда после достижения высшего суточного удоя она быстро снижается и может вновь подниматься во второй половине лактации;

III — с высокой и быстро спадающей лактацией; после достижения максимального удоя она быстро снижается и общая продуктивность невысокая;

IV – с устойчивой низкой лактационной деятельностью.

За первые 100 дней лактации обычно получают 40–45% молока, за следующие 100 дней – 30–35% и последующие 100 дней – 20–25% от всего удоя. Поэтому важно создавать наиболее благоприятные условия для коров в первые 100 дней после отела, производить раздой и получать максимальную продуктивность животных.

Молочные железы — симметричные кожные образования. У взрослых коров вымя состоит из четырех долей. Правая и левая половины вымени отделены друг от друга перегородкой, которая выполняет функцию поддерживающей связки. Молочные железы состоят из альвеол, ходов и цистерн. Каждая железа имеет сосок, по которому молоко через сосковый канал выводится наружу.

Молочные железы – *glandulae lactiferae*—характерная особенность класса млекопитающих и вызвано питанием новорожденных детенышей молоком. Полного развития достигают у самок только перед рождением детеныша.

Молочные железы формируются из скопления большого количества видоизмененных мерокриновых желез альвеолярного строения. У разных видов животных молочные железы имеют неодинаковую форму, размеры, местоположение и состав выделяемого секрета – молока (табл. 22).

На рост и развитие молочных желез большое влияние оказывают половые гормоны, а также гормоны гипофиза и надпочечников.

2. Методика исследования вымени

Вымя исследуют обычно на стоящем животном. Овец и коз для удобства исследования ставят на стол.

Клиническое исследование молочной железы состоит из наружного осмотра, пальпации, пробного доения и взятия проб молока для лабораторного исследования.

Осмотр производят с боков и сзади. Обращают внимание на форму вымени и сосков, состояние кожи и ее цвет, сохранность волосяного покрова. Во всех случаях отмечают замеченные ненормальности.

Пальпацию – до и после доения. Прикладывают тыльную поверхность кисти рук к разным долям и участкам вымени, сопоставляют тепловые ощущения. При этом следует учитывать, что температура кожи задних долей вымени всегда несколько выше. Вначале пальпируют передние доли и соски, затем задние. При нормальном состоянии соски мягкие, а сосковый канал прощупывается в виде гибкого шнура. Пальпация дает возможность исследовать наличие морфологических изменений в стенке цистерны и молочных камней в ее полости.

Пробным доением определяют тонус сфинктера соскового канала (тугодойкость, недержание молока). Для выяснения характера заболевания молочной железы и определения

качества молока. Молоко берут утром перед очередным доением по 50–100мл в простерилизованную посуду их каждой доли отдельно. Первые струйки сбрасывают.

3. Молокообразование

Секреция молока идет очень интенсивно: у коровы, например, за год в железе синтезируется сухих веществ в 3 – 4 раза больше, чем в теле животного. За 1 мин у лактирующей коровы с молоком выделяется около 0,66 г жира, 0,80 г лактозы и 0,60 г белков.

Коэффициент полезного действия молочной железы довольно высок, на собственный обмен органа расходуется лишь около 10 проц. энергии от общего обмена, происходящего в ней. Этому способствует, видимо, то, что синтез веществ молока происходит из предшественников, уже подготовленных в организме вне вымени. У высокопродуктивных коров коэффициент полезного действия выше, чем у низкопродуктивных; у них в молоко превращается 40 % энергии потребленных питательных веществ, а у низкопродуктивных – только 25 %.

Процесс молокообразования регулируется нервной и гуморальной системами. Нервная регуляция осуществляется рефлекторно. В коже соска имеются многочисленные окончания чувствительных нервов. При сосании или доении происходит их раздражение, импульсы передаются по центростремительным волокнам в спинной мозг, а там возбуждение чувствительных нейронов передается на моторные. Дальше возбуждение по восходящим путям спинного мозга доходит до продолговатого мозга и гипоталамуса. От гипоталамуса возбуждение идет в кору и через ножку гипофиза в нейрогипофиз. Одновременно от гипоталамуса возбуждение достигает молочной железы через симпатическую нервную систему и изменяет кровообращение в молочной железе, а также оказывает трофическое влияние на ее секреторную функцию.

Под действием нейросекретов гипоталамуса регулируется освобождение гормонов нейрогипофиза. Окситоцин нейрогипофиза регулирует деятельность миоэпителия альвеол и, следовательно, молокоотдачу. Кроме этого окситоцин возбуждает деятельность аденогипофиза, который выделяет в кровь гормоны: пролактин, соматотропный, тиреотропный, адренкортикотропный (АКТГ) и др. Эти гормоны, особенно соматотропный, стимулируют секрецию молока железистым эпителием.

Нервная система может также регулировать молокообразование и самостоятельно, без участия гормонов.

Молоко образуется в эпителиальных клетках альвеол и эпителия протоков из составных частей крови при участии ферментов и гормонов. По мере образования молоко из железистого эпителия выделяется в полость альвеол, накапливается в них и затем в процессе доения поступает в протоки и молочную цистерну. Каждая эпителиальная клетка образует молоко со всеми присущими ему свойствами. В ней синтезируется молочный жир, лактоза, белки (А и В, казеин, В-глобулин). Витамины, минеральные вещества, иммунные глобулины, сывороточный глобулин – переходят из крови в молоко без изменений. По сравнению с плазмой крови в молоке коров содержится в 90–95 раз больше сахара, в 26 – жира, в 14 – кальция, в 69 – калия. Ряд веществ меньше – белков – в 2 раза, натрия в 7 раз. Сущность процесса молокообразования заключается в поглощении из крови клетками

железистого эпителия предшественников молока (аминокислот, липидов), а затем в их синтезе и выделении из клетки в полость альвеолы в виде готового продукта.

При переходе молока из клеток в альвеолы оно еще не окончательно синтезировано. Под влиянием ферментов и гормонов молоко созревает в полости альвеол, причем часть основных элементов молока подвергается ферментативному расщеплению и всасыванию обратно в кровь.

4. Молозиво и молоко, их состав и биологическое значение

Молозиво резко отличается от нормального молока по органолептическим свойствам, химическому составу и физиологическому действию на организм телят. Первые удои молозива имеют сладковато-солонватый вкус, цвет от желтого до желто-бурого; через 3–4 суток цвет молозива становится таким же, как у обычного молока. Желтый цвет молозива обусловлен высоким содержанием каротина, консистенция его густая, тягучая, иногда зернистая.

Молозиво по составу сходно с кровью и представляет для новорожденного пищу, мало отличающуюся от той, которую теленок использовал в утробный период развития. Состав и свойства молозива от удоя к удою изменяются постепенно, чтобы теленок постепенно привык к пище, отличной от той, которую он получал в утробный период. Глобулин молозива попадает в кровь новорожденного теленка, обеспечивая защиту организма от бактерий с первых часов жизни. Антитоксины защищают организм от заразных болезнетворных начал. Молозиво благодаря повышенному содержанию солей магния обладает послабляющими свойствами, усиливает перистальтику кишечника, что способствует удалению первородного кала.

Изменение состава молока в течение лактации связано со стельностью коров. В первые месяцы после отела в крови коровы находится наибольшее количество гормонов, стимулирующих секрецию молока, а с развитием плода возрастает влияние на организм гормонов желтого тела, тормозящих образование молока.

Первые 3–7 дней после отела из молочных желез выделяется молозиво. Оно имеет желтоватый цвет, соленый вкус и при нагревании свертывается.

Молозиво имеет высокую биологическую ценность и калорийность. В нем содержится в два раза больше, чем в молоке, сухих веществ, а также большее количество белков, минеральных веществ, витаминов и меньше – лактозы (табл. 23).

Около половины белков молозива составляют глобулины, являющиеся носителями иммунных тел. Из минеральных веществ в нем больше, чем в молоке, кальция, фосфора, йода, железа и других солей. В молозиве много витаминов А, В, С, D, Е.

Молозиво у новорожденных повышает перистальтику, усиливает и нормализует ферментативную и всасывательную функции пищеварительного тракта, повышает защитные свойства организма, а медленное изменение состава молозива позволяет новорожденному приспособиться к внеутробному питанию.

Молоко – ценнейший продукт питания. Оно превосходит все другие продукты, встречающиеся в природе. В нем содержатся все вещества, необходимые для роста и развития организма: белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины, ферменты, гормоны и т.д.

Белок молока имеет все необходимые для жизни животных аминокислоты. Около 80% всех белков молока приходится на долю казеина. Кроме того, содержатся лактоальбумин, ферменты (пероксидаза, липаза, фосфатаза, лак/газа).

Из небелковых азотсодержащих соединений молоко имеет продукты белкового обмена – мочевины, молочную кислоту, пуриновые основания, креатин, креатинин, аммиак. Предшественниками белков молока являются свободные аминокислоты, пептиды крови и некоторые заменимые аминокислоты.

Для синтеза липопротеидов вместе с азотистыми компонентами используются триглицериды крови. Содержание белка в молоке зависит от породы, возраста животных, сроков лактации, кормления и др.

Молочный сахар – лактоза – состоит из глюкозы и галактозы, образуется из углеводов крови, которые находятся в ней в свободном состоянии (глюкоза и другие моносахариды), а также в виде углеводно–белковых комплексов (гликоиротеидов). Под влиянием молочнокислых бактерий из лактозы образуется молочная кислота, которая способствует створаживанию молока. В молоке имеются минеральные вещества: кальций, фосфор, калий, натрий, железо, сера, магний, хром, кобальт, марганец, йод и др. В нем обнаружено 22 микроэлемента. В состав молока входят витамины А и В, а также небольшое количество С, D, Е и К. Содержание витаминов в молоке зависит в основном от их наличия в корме.

5. Регуляция молокообразования

Процесс молокообразования осуществляется при участии коры больших полушарий мозга и ряда отделов ЦНС – так называемый лактационный центр. Он обуславливает подготовку молочной железы к лактации, секрецию молока, выведение. Лактационный центр находится во взаимодействии с пищевым, дыхательным, сосудодвигательным, половым и другими центрами.

В спинном мозге происходит грубая регуляция двигательной функции молочной железы.

В продолговатом – регуляция кровоснабжения. Промежуточный мозг – нейрогуморальная регуляция.

Регулирующая роль гипоталамо–гипофизарной системы заключается в выделении гормонов – окситоцина, пролактина. Считают, что стимулом для выделения гормонов гипофиза является снижение их уровня из циркулирующей крови в результате расхода данных гормонов на синтез и выделение молока.

Пролактин – во время доения резко увеличивается – и в преддоильной подготовки если существует условно–рефлекторная фаза, в конце доения снижается почти до нулевых значений.

Тиреоидные гормоны стимулируют морфогенез молочной железы, способствуют наступлению лактации и повышают секреторную способность клеток молочной железы. Повышают концентрацию иммунных глобулинов, фосфорных соединений и кальция. Адреналин – участвует в механизме сокращения мышечных образований стенок цистерн и протоков, изменяет процесс образования жира и белка в молоке.

Прогестерон – гормон желтого тела – тормозящее влияние на лактацию.

Контрольные вопросы:

1. Эссе на тему типы секреции молока.
2. Физиологические основы ручного и машинного доения.
3. Функциональная связь молочных желез с деятельностью других органов и систем организма.

Лекция 14: «ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»

Вопросы:

1. Общая характеристика возбудимых тканей (физиологический покой, раздражимость, возбудимость и торможение).
2. Раздражители и их классификация.
3. Порог возбудимости, полезное время, лабильность.
4. Электрические явления в тканях (потенциалы покоя и действия).
5. Строение и физиологические свойства (возбудимость, проводимость, сократимость, растяжимость, эластичность, пластичность) скелетных мышц.
6. Механизм мышечного сокращения.
7. Работа и утомление мышц. Функциональные проявления утомления мышц.
8. Особенности строения и функциональные отличия гладких мышц от скелетных.
9. Нервные волокна. Строение и виды нервных волокон.
10. Физиологические свойства волокон (возбудимость, проводимость, особенности проведения возбуждения в мякотных и безмякотных волокнах, обмен веществ и утомляемость).
11. Синапсы, их строение, классификация, свойства и механизм передачи возбуждения.
12. Медиаторы.

1. Общая характеристика возбудимых тканей (физиологический покой, раздражимость, возбудимость и торможение)

Под влиянием различных стимулов, вследствие свойства живой протоплазмы возбудимости, в организме осуществляются процессы возбуждения и торможения. *Возбудимость* — способность живых клеток воспринимать изменения внешней среды и отвечать на эти изменения реакцией возбуждения. Чем ниже пороговая сила раздражителя, тем выше возбудимость, и наоборот.

Возбуждение — активный физиологический процесс, которым некоторые живые клетки (нервные, мышечные, железистые) отвечают на внешнее воздействие.

Возбудимые ткани — ткани, способные в ответ на действие раздражителя переходить из состояния физиологического покоя в состояние возбуждения. В принципе, все живые клетки обладают возбудимостью, но в физиологии к этим тканям принято относить преимущественно нервную, мышечную, железистую. Результатом возбуждения является возникновение деятельности организма или его составляющих; следствием торможения является подавление или угнетение деятельности клеток, тканей или органов, т.е. процесс, приводящий к уменьшению или предупреждению возбуждения. Возбуждение и торможение

представляют собой взаимно противоположные и взаимосвязанные процессы. Так, возбуждение может при его усилении переходить в торможение, а торможение способно усиливать последующее возбуждение. Для вызова возбуждения раздражитель должен быть определенной силы, равный или превышающий порог возбуждения, под которым понимают ту минимальную силу раздражения, при которой возникает минимальная по величине реакция раздражаемой ткани.

Автоматия — свойство некоторых клеток, тканей и органов возбуждаться под влиянием возникающих в них импульсов, без влияния внешних раздражителей. *Автоматия сердца* — способность миокарда ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом.

Лабильность — свойство живой ткани, определяющее ее функциональное состояние. Под лабильностью понимают скорость реакций, лежащих в основе возбуждения, т.е. способность ткани осуществлять единичный процесс возбуждения в определенный промежуток времени. Предельный ритм импульсов, который возбудимая ткань в состоянии воспроизвести в единицу времени, является мерой лабильности, или функциональной подвижности ткани.

Таким образом, к общим свойствам клеток организма, поддающимся объективной регистрации и обуславливающим их функции, относят раздражимость — способность клетки отвечать на раздражитель физической, химической или электрической природы, возбудимость — способность клетки отвечать реакцией возбуждения на действие раздражителя, проводимость — волна возбуждения, распространяющаяся по клеточной поверхности от места действия раздражителя, сократимость — укорочение клетки в ответ на раздражение, поглощение и усвоение — способность клетки поглощать и использовать питательные вещества с ее поверхности, секрецию — способность клетки синтезировать новые вещества и выделять их для использования другими клетками организма, экскрецию — способность клетки выделять через свою поверхность конечные продукты метаболизма — чужеродные вещества, остатки клеточных органелл, дыхание — способность окислять пищевые вещества, высвобождая из них энергию, рост — увеличение массы, размножение — воспроизводство подобных клеток.

Биологические системы — организмы, органы, ткани и клетки — находятся в двух основных состояниях — покоя и активности. Состояние покоя биосистемы можно наблюдать при отсутствии специальных раздражающих воздействий извне. Оно характеризуется относительным постоянством текущих значений физиологических параметров и отсутствием проявлений специфических функций. Понятие покоя является относительным, поскольку изменения физиологических параметров все-таки происходят, но не достигают значений, определяющих проявление специфической функции живой системы.

При изменениях внешней или внутренней среды биосистема может переходить в активное или деятельное состояние. Способность живых организмов и образующих их систем (органов, тканей, клеток) реагировать на внешнее воздействие изменением своих физикохимических и физиологических свойств называется *раздражимостью*. Раздражимость проявляется в изменениях текущих значений физиологических параметров, величина которых превышает их сдвиги при покое. Раздражимость является универсальным проявлением жизнедеятельности всех без исключения биологических систем.

Когда изменения внешней среды начинают превышать известный индивидуальный уровень, активное состояние некоторых тканей и клеток может сопровождаться проявлением

специфической функции данной живой системы. Способность организма, органа, ткани или клетки отвечать на раздражение активной специфической реакцией — *возбуждением* (генерацией нервного импульса, сокращением, секрецией и др.) называется возбудимостью.

К возбудимым тканям относятся:

1. нервная (рецепторы, нервные волокна, нервные клетки, нейроны),
2. мышечная (скелетные мышцы, гладкие мышцы стенок внутренних органов и кровеносных сосудов),
3. железистая (железы внешней и внутренней секреции).

Раздражимость и возбудимость характеризуют в сущности одно и то же свойство биологической системы — способность отвечать на внешние воздействия. Однако термин возбудимость используется для определения специфических реакций, имеющих более позднее филогенетическое происхождение. Возбудимость является, следовательно, высшим проявлением общего свойства раздражимости тканей.

2. Раздражители и их классификация

Раздражители подразделяются по их биологической значимости, по качественному и количественному признаку. Раздражители могут иметь:

1. физическую природу (свет, звук, укол, вращение тела, удар электрического тока)
2. физико-химические (изменение осмотического давления крови, pH крови, электролитный состав, коллоидное состояние)
3. химические (пищевые вещества, яды, медикаменты, токсины, биологически активные добавки, летучие вещества)
4. раздражители смешанной природы (укус комара – прокол жалом – физический раздражитель, попадание слюны в ранку – химический).

По биологическому значению все раздражители относят к адекватным и неадекватным. Адекватным считается такой раздражитель, к восприятию которого данная биосистема специально приспособилась в процессе эволюции. Так, для органа зрения адекватно электромагнитное воздействие в определенном диапазоне длин волн; для слуха — упругие механические колебания среды и т.п.

К категории неадекватных относят раздражители, не являющиеся в естественных условиях средством возбуждения данной биосистемы, но, тем не менее, способные при достаточной силе вызвать возбуждение. Все раздражители (адекватные и неадекватные) в зависимости от их силы подразделяют на пороговые, подпороговые, максимальные, субмаксимальные и супермаксимальные.

3. Порог возбудимости, полезное время, лабильность

Минимальная сила раздражителя, необходимая для возникновения минимального по величине возбуждения, называется *порогом возбуждения*. Величина порога является мерой возбудимости ткани.

Раздражители, сила которых ниже порога возбуждения, рассматриваются как подпороговые. Если сила раздражения превосходит порог возбуждения, величина ответной реакции ткани (возбуждения) возрастает вплоть до известного, определенного для каждого живого образования предела. Дальнейшее увеличение силы раздражителя уже не ведет к

росту ответной реакции. Минимальная сила раздражителя, вызывающая наибольший (максимальный) ответ ткани, называется *максимальной силой раздражения*. Раздражители, сила которых меньше или больше максимальной, называются, соответственно, *субмаксимальными* и *супермаксимальными*.

Реакция возбудимой ткани на раздражение зависит, во-первых, от состояния этой ткани в момент раздражения (т.е. от возбудимости), во-вторых – от свойств раздражителя. Реакция возбудимой ткани на раздражитель характеризуется 3 законами: закон порога, закон крутизны нарастания и закон времени.

Согласно этим законам возбуждение возникает в том случае, когда сила раздражителя, крутизна (скорость) его нарастания во времени и продолжительность действия имеют достаточную величину. Сущность законов раздражения. Если раздражитель слишком слабый или действует очень кратковременно, то он не может деполяризовать мембрану настолько, чтобы возник потенциал действия. Таким образом, действие раздражителя на биосистему подчиняется определенным закономерностям, которые сформулированы в законах раздражения.

Закон силы раздражения: чем сильнее раздражение, тем до известных пределов сильнее ответная реакция объекта (органа, ткани, клетки).

Для минимального возбуждения требуется определенная критическая пороговая длительность действия раздражителя. Увеличение длительности внешнего воздействия за пределы порога ведет к нарастанию возбуждения до максимальной величины. Дальнейшее увеличение длительности действия раздражителя не ведет к нарастанию возбуждения. Эти зависимости сформулированы в законе длительности раздражения: чем длительнее раздражение, тем сильнее до известных пределов ответная реакция живой системы.

Раздражители характеризуются не только силой и длительностью действия, но и скоростью роста во времени силы воздействия на объект, т.е. градиентом.

Уменьшение нарастания силы раздражителя ведет к повышению порога возбуждения, вследствие чего, ответ биосистемы при некоторой минимальной крутизне вообще исчезает. Это явление названо *аккомодацией*.

4. Электрические явления в тканях (потенциалы покоя и действия)

Мембранный потенциал покоя. Мембранным потенциалом покоя (МПП) или потенциалом покоя (ПП) называют разность потенциалов покоящейся клетки между внутренней и наружной сторонами мембраны. Внутренняя сторона мембраны клетки заряжена отрицательно по отношению к наружной. Принимая потенциал наружного раствора за нуль, МПП записывают со знаком "минус". Величина МПП зависит от вида ткани и варьирует от -9 до -100 мВ. Следовательно, в состоянии покоя клеточная мембрана поляризована. Уменьшение величины МПП называют *деполяризацией*, увеличение — *гиперполяризацией*, восстановление исходного значения МПП — *реполяризацией* мембраны.

Основные положения мембранной теории происхождения МПП сводятся к следующему. В состоянии покоя клеточная мембрана хорошо проницаема для ионов K^+ (в ряде клеток и для Cl^-), менее проницаема для Na^+ и практически непроницаема для внутриклеточных белков и других органических ионов. Ионы K^+ диффундируют из клетки по концентрационному градиенту, а непроницающие анионы остаются в цитоплазме, обеспечивая появление разности потенциалов через мембрану.

Возникающая разность потенциалов препятствует выходу K^+ из клетки и при некотором ее значении наступает равновесие между выходом K^+ по концентрационному градиенту и входом этих катионов по возникшему электрическому градиенту. Мембранный потенциал, при котором достигается это равновесие, называется *равновесным потенциалом*.

В основе свойства возбудимости лежит способность ткани генерировать электрические импульсы потенциалы действия. Все многообразие биологических явлений в живых организмах определяются двумя факторами:

1. Неравновесным (асимметричным, неодинаковым) распределением (концентрации) некоторых ионов по обе стороны клеточной мембраны

2. Проницаемостью мембраны для каждого из этих ионов. Результат любого воздействия на возбудимую ткань в конечном счете сводится к тому, что изменяется характер распределения ионов по обе стороны мембраны, или изменяется проницаемость мембраны для этих ионов.

Для возникновения мембранного потенциала действия важен пороговый потенциал (ПП).

Пороговый потенциал (ПП) – это разность между мембранным потенциалом (МПП) покоя и критическим уровнем деполяризации (КУД).

5. Строение и физиологические свойства (возбудимость, проводимость, сократимость, растяжимость, эластичность, пластичность) скелетных мышц

Передвижение животного, перемещение частей его тела относительно друг друга, работа внутренних органов, акты дыхания, кровообращения, пищеварения, выделения осуществляются благодаря деятельности различных групп мышц.

Мышечные волокна делят на 3 вида: скелетные, сердечные и гладкие.

Характер работы скелетных мышц может быть различным: в одних случаях с помощью мышцы осуществляется перемещение груза, в других — поддержание позы. Поэтому работа мышц делится на два вида — статический и динамический (первый — поддержание груза, позы, второй — перемещение). С точки зрения использования групп мышц в работе различают также локальную и общую работу. Например, движения, совершаемые мелкими группами мышц, классифицируют как локальную работу, а движение больших мышечных групп (мышцы ног при движении) — как общую работу.

Скелетные (поперечнополосатые) мышцы — это "машины", преобразующие химическую энергию непосредственно в механическую и тепловую. Сокращение мышц возникает в ответ на электрические импульсы, приходящие к ним от нервных клеток, лежащих в передних рогах спинного мозга. В результате сократительной деятельности скелетных мышц осуществляется поддержание позы, перемещение частей тела относительно друг друга, передвижение в пространстве.

У высших животных имеются три типа мышц: поперечнополосатые скелетные (произвольные), поперечнополосатые сердечные (непроизвольные), гладкие мышцы внутренних органов, сосудов и кожи (непроизвольные). Отдельно рассматриваются специализированные сократительные образования — миоэпителиальные клетки, мышцы зрачка и цилиарного тела глаза.

Помимо свойств возбудимости и проводимости, мышцы обладают сократимостью, т. е. способностью укорачиваться или изменять степень напряжения при возбуждении.

Функция сокращения возможна благодаря наличию в мышечной ткани специальных сократимых структур.

Скелетные мышцы выполняют ряд важных функций: 1 — передвижение тела в пространстве, 2 — перемещение частей тела относительно друг друга, 3 — поддержание позы, 4 — передвижение крови и лимфы, 5 — выработка тепла, 6 — участие в акте вдоха и выдоха, 7 — депонирование воды и солей, 8 — защита внутренних органов (например, органов брюшной полости).

6. Механизм мышечного сокращения

Мотонейрон, его длинный отросток (аксон) и группа мышечных волокон, иннервируемых этим аксоном, составляют двигательную или нейромоторную, единицу.

Нейромоторная единица работает как единое целое: импульсы, исходящие от мотонейрона, приводят в действие мышечные волокна.

Сокращению мышечных волокон предшествует их электрическое возбуждение, вызываемое разрядом мотонейронов в области концевых пластинок. Возникающий под влиянием медиатора потенциал концевой пластинки (ПКП), достигнув порогового уровня (около -30 мВ), вызывает генерацию потенциала действия, распространяющегося в обе стороны вдоль мышечного волокна

Молекулярные механизмы сокращения.

Сокращение — это изменение механического состояния миофибриллярного аппарата мышечных волокон под влиянием нервных импульсов. Внешне сокращение проявляется в изменении длины мышцы или степени ее напряжения, или одновременно того и другого.

В основе молекулярного механизма сокращения лежит процесс так называемого электромеханического сопряжения, причем ключевую роль в процессе взаимодействия миозиновых и актиновых миофиламентов играют ионы Ca^{++} , содержащиеся в саркоплазматическом ретикулуме. Это подтверждается тем, что в эксперименте при инъекции кальция внутрь волокон возникает их сокращение.

Мышцы — это органы, которые преобразуют химическую энергию в механическую и тепловую. Коэффициент полезного действия при этом составляет около 30 %, т. е. примерно две трети энергии теряется в виде тепла. Несмотря на эти потери, мышцы работают значительно экономичнее и эффективнее парового двигателя или двигателя внутреннего сгорания.

Непосредственным (прямым) источником свободной энергии для сокращения мышц является АТФ, которая подвергается гидролитическому расщеплению до АДФ и неорганического фосфата во время сократительного акта.

Режимы и типы мышечных сокращений. Режим сокращения мышечных волокон определяется частотой импульсации мотонейронов. Механический ответ мышечного волокна или отдельной мышцы на однократное их раздражение называется одиночным сокращением. При одиночном сокращении выделяют: 1. фазу развития напряжения или укорочения; 2. фазу расслабления или удлинения. Фаза расслабления продолжается примерно в два раза дольше, чем фаза напряжения. Длительность этих фаз зависит от морфофункциональных свойств мышечного волокна: у наиболее быстро сокращающихся волокон глазных мышц фаза напряжения составляет 7–10 мс, а у наиболее медленных волокон камбаловидной мышцы — 50–100 мс.

Возбуждение и сокращение мышц при естественных двигательных актах вызывается нервными импульсами, поступающими из центральной нервной системы.

Раздражение двигательного нерва, вызывающее сокращение мышцы, называют непрямым раздражением, а непосредственное раздражение самой мышцы — прямым раздражением. Поскольку возбудимость мышечных волокон ниже, чем нервных, для получения истинного прямого раздражения необходимо выключить в мышце двигательные нервные окончания или ввести микроэлектроды в мышечные волокна.

По скорости сокращения различают два типа мышечных волокон, а точнее, два типа двигательных единиц — быстрые и медленные. Что касается самих мышц, то правильнее говорить о смешанных типах мышц — с преобладанием быстрых или медленных волокон. Типы сокращений. При сближении актиновых и миозиновых фибрилл вследствие замыкания поперечных мостиков в мышечном волокне развивается напряжение (активная механическая тяга). Реализуется оно по-разному в зависимости от условий, в которых происходит сокращение мышц, прежде всего от величины внешней нагрузки. Различают два основных типа мышечных сокращений — изотонический и изометрический.

Изотоническое (от греч. *isos* — равный, *tonos* — напряжение) — это такое сокращение, при котором происходит укорочение мышечных волокон, но их напряжение не меняется. В эксперименте изотоническое сокращение получают при электрическом (тетаническом) раздражении изолированной мышцы, отягощенной небольшим грузом (рис.15). Укорочение мышцы происходит при постоянном напряжении, равном внешней нагрузке.

Изометрическое (от греч. *isos* — равный, *meros* — мера) — это сокращение, при котором длина волокон не уменьшается, но их напряжение возрастает. Смешанный тип сокращения мышц, при котором изменяются и длина и напряжение, называется ауксотоническим. При совершении животным сложных двигательных актов все работающие мышцы сокращаются ауксотонически — с преобладанием либо изотонического, либо изометрического типа сокращения.

7. Работа и утомление мышц. Функциональные проявления утомления мышц

Сила мышц. Сила — мера механического воздействия на мышцу со стороны других тел, выражается в ньютонах или кг–силах. При изотоническом сокращении в эксперименте сила определяется массой максимального груза, который мышца может поднять (динамическая сила), при изометрическом — максимальным напряжением, которое она может развить (статическая сила).

Одиночное мышечное волокно развивает напряжение в 100— 200 мг–сил. Чем толще волокно, тем больше напряжение. Увеличение силы мышц при тренировках обусловлено именно гипертрофией мышечных волокон, а не увеличением их числа.

При определении же силы целых мышц решающее значение имеет не их толщина, а «физиологическая» площадь поперечного сечения отдельных волокон. Физиологическое поперечное сечение совпадает с анатомическим только в мышцах с продольно расположенными волокнами. У мышц с косым расположением волокон (полуперистые и перистые) «физиологический поперечник» всегда превышает анатомический. Поэтому сила мышц с косыми волокнами всегда больше, чем мышц той же толщины, но с продольными волокнами.

Наиболее сильными являются многоперистые мышцы, затем идут одно-двухперистые, полуперистые, веретенообразные и продольно-волокнистые. Первые две группы по анатомофункциональной классификации относят к статодинамическим, а остальные к динамостатическим или динамическим. Первые имеют большую силу и выносливость, но ограниченную способность к укорочению; вторые — хорошо укорачиваются, но легко утомляются.

Работа мышц. Оценивая деятельность мышц, обычно учитывают только производимую ими внешнюю работу, т. е. укорочение мышцы против груза или сопротивления.

В наиболее простом случае, когда сила по направлению постоянна, а перемещение груза прямолинейно, работа (W) может быть оценена как произведение массы груза (P) на высоту подъема (h)

$$W = Ph \text{ Дж (кг/см, гс/см).}$$

Утомление мышц. Утомление — это временное снижение или потеря работоспособности отдельных органов или организма в целом, наступающее после нагрузок. Утомление мышц происходит при их длительном сокращении (напряжении) и имеет определенное биологическое значение, сигнализируя о частичном истощении ресурсов.

8. Особенности строения и функциональные отличия гладких мышц от скелетных

Физиологические свойства гладких мышц обусловлены особенностями их микроструктуры, иннервации, кровоснабжения, а также характером обменных процессов в миоцитах.

В отличие от поперечнополосатых мышц гладкие мышцы обладают высокой степенью пластичности, т. е. способностью сохранять приданную растяжением длину без изменения напряжения (или способностью расслабляться как в укороченном, так и в растянутом состоянии). Это предотвращает чрезмерное повышение давления в полном органе (например, в мочевом пузыре) по мере его наполнения.

При сильном растяжении гладкой мышцы возникает ее сокращение вследствие нарастающей деполяризации пейсмекерных клеток и повышения частоты разрядов. Сокращение, вызванное растяжением, способствует саморегуляции тонуса кровеносных сосудов.

Гладкие мышцы обеспечивают функцию полых органов, стенки которых они образуют. В частности, благодаря гладким мышцам осуществляется изгнание содержимого из мочевого пузыря, кишки, желудка, желчного пузыря, матки. Гладкие мышцы обеспечивают сфинктерную функцию — создают условия для хранения содержимого полого органа в этом органе, например, мочу в мочевом пузыре, плод в матке. Важнейшую роль выполняют гладкие мышцы в системе кровообращения и лимфообращения — изменяя просвет сосудов, гладкие мышцы тем самым адаптируют регионарный кровоток к местным потребностям в кислороде, питательных веществах. Гладкие мышцы могут существенно влиять на функцию связочного аппарата, т.к. содержатся во многих связках и при своем сокращении меняют состояние данной связочной структуры.

У гладких мышц нет той стройной ранжировки актиновых и миозиновых нитей, как у скелетных мышц. Вместе с тем, все данные указывают на то, что процесс сокращения

происходит по типу скольжения (как в скелетных мышцах). Сопряжение возбуждения (ПД) и сокращения в гладких мышцах идет иначе, чем в скелетных мышцах, здесь слабо выражен саркоплазматический ретикулум, а для инициации сокращения кальций, вероятно, поступает из внеклеточного пространства.

Регуляция взаимодействия актина и миозина отличается в гладких мышцах от скелетных мышц.

Гладкие мышцы находятся в стенках внутренних органов и кровеносных сосудов. Регуляция их тонуса и сократительной активности осуществляется эфферентными волокнами симпатической и парасимпатической нервной системы, а также местными гуморальными и физическими воздействиями.

Волокна гладких мышц сокращаются в результате относительного скольжения миофибрилл, но скорость их сокращения и скорость расщепления АТФ в 100–1000 раз меньше, чем в скелетных мышцах. Поэтому гладкие мышцы хорошо приспособлены к длительному тоническому сокращению без развития утомления.

9. Нервные волокна. Строение и виды нервных волокон

Афферентные и эфферентные нервные проводники. Основной функцией нервов является проведение сигналов к нервному центру от рецепторов (афферентные проводники) или от нервного центра к эффектору (эфферентные проводники). Собственно, проводниками являются нервные волокна, входящие в состав периферических нервов или белого вещества головного и спинного мозга. Нервные волокна различаются толщиной (диаметром), наличием или отсутствием миелиновой оболочки, скоростью проведения возбуждения, длительностью потенциала действия, продолжительностью следовых потенциалов.

В соответствии с принятой классификацией нервные волокна делят на три класса: А, В и С. Волокна А и В классов являются миелинизированными, а С — немиелинизированными. К классу А относятся толстые миелиновые волокна толщиной от 3 до 22 мкм и обеспечивающие наибольшую скорость проведения возбуждения (от 12 до 120 м/с). В этот класс входят 4 группы волокон: альфа, бета, гамма и дельта, являющиеся как афферентными, так и эфферентными проводниками и отличающиеся толщиной и скоростью проведения возбуждения. Нервные миелинизированные волокна класса В являются преимущественно преганглионарными аксонами нейронов вегетативной нервной системы, имеют толщину 1–3 мкм и скорость проведения 3–14 м/с. Волокна класса С — безмиелиновые волокна, представляющие собой как постганглионарные эфференты вегетативной нервной системы, так и афференты рецепторов боли и тепла. Эти волокна отличаются наименьшей толщиной (<1,5 мкм) и скоростью проведения возбуждения (0,5–2 м/с).

10. Физиологические свойства волокон (возбудимость, проводимость, особенности проведения возбуждения в мякотных и безмякотных волокнах, обмен веществ и утомляемость)

Механизм проведения возбуждения в нервных волокнах объясняется возникновением локальных токов, появляющихся между возбужденным и невозбужденным участками мембраны нервного волокна. При этом, в безмиелиновых волокнах возбуждение

распространяется непрерывно, а в миелинизированных волокнах — скачками между перехватами Ранвье, лишенными миелиновой оболочки.

Между различно заряженными участками мембраны возникает электрический ток, действующий как раздражитель, повышающий проницаемость мембраны невозбужденного участка, деполяризуящий его до критического уровня и тем самым приводящий к появлению потенциала действия соседнего участка. Ранее возбужденный участок реполяризуется, а ставший возбужденным участок приводит к появлению локального тока с новым соседним невозбужденным участком мембраны. Так, последовательно, распространяется процесс возбуждения, в основе чего лежат электротонические процессы. В миелинизированных волокнах, где миелиновая оболочка играет роль своеобразного изолятора и не позволяет электрическому току проходить через соседний с возбужденным участком мембраны, локальные токи возникают между отдаленными друг от друга участками мембраны, лишенными миелиновой оболочки, т.е. перехватами Ранвье. Поэтому возбуждение распространяется не плавно по всей мембране, а скачками между перехватами. Такой тип проведения возбуждения получил название сальтаторного или скачкообразного.

Поддержание потенциала покоя мембраны нервного волокна и восстановление его возбудимости после прохождения импульса осуществляется, как и в других возбудимых структурах с помощью мембранных насосов, требующих расхода энергии. Поддержание энергетических запасов АТФ осуществляется за счет окислительно–восстановительных реакций, связанных с утилизацией глюкозы при гликолизе.

Основные закономерности проведения возбуждения по нервному волокну:

1) возбуждение по нервному волокну может распространяться в любом направлении от возбужденного участка; естественный путь распространения возбуждения по афферентным проводникам — к клетке, а по эфферентным — от клетки, носит название ортодромного, а обратное направление движения возбуждения, редко наблюдаемое в организме, но легко получаемое в эксперименте, называют антидромным;

2) возбуждение распространяется бездекрементно (не затухая), т.к. локальные токи лишь деполяризуют мембрану до критического уровня, а потенциал действия возникает регенеративно за счет трансмембранных ионных перемещений, перпендикулярных к направлению проведения самого возбуждения;

3) скорость проведения возбуждения тем больше, чем выше амплитуда потенциала действия, т.к. при этом возрастает разность потенциалов возбужденного и невозбужденного участков мембраны;

4) скорость проведения возбуждения прямо пропорциональна диаметру нервного волокна, т.к. с увеличением диаметра уменьшается сопротивление.

5) возбуждение проводится изолированно по каждому нервному волокну в составе нервов или белого вещества мозга.

11. Синапсы, их строение, классификация, свойства и механизм передачи возбуждения

Основным способом передачи информации между нервными клетками является химический, реализуемый с помощью специальных образований, получивших название синапсы.

Синапсы — это специализированная форма контакта между отростками нейронов и любыми возбудимыми образованиями (нейронами, мышечными или секреторными клетками), обеспечивающая передачу сигнала с помощью молекул химических веществ. В нервной системе синапсы образуются между отростками разных нейронов, а также между отростками и телами клеток.

Синапсы в нервной системе имеют следующие закономерности функционирования:

1. односторонний характер проведения возбуждения (от пресинаптической мембраны к постсинаптической);
2. наличие химических передатчиков — медиаторов;
3. свойства синапсов определяются природой медиаторов и постсинаптических рецепторов;
4. наличие хемочувствительных рецепторуправляемых каналов в постсинаптической мембране;
5. квантовый характер освобождения медиатора;
6. количество квантов медиатора пропорционально частоте приходящих к синапсу нервных импульсов

Виды синаптической связи между нейронами.

При огромном количестве раздражителей, действующих одновременно на многочисленные рецепторные образования организма, наличии множества взаимосвязанных информационных каналов, в виде рефлекторных ответов реализуются лишь некоторые из воздействий. Целесообразность такого ограничения очевидна, поскольку в противном случае множество одновременно реализуемых рефлексов сделало бы просто невозможной не только регуляцию, но и саму жизнедеятельность. Следовательно, наряду с процессом возбуждения, распространение которого лежит в основе всех рефлексов, должен существовать второй процесс, подавляющий возникновение и распространение возбуждения в элементах нервной системы и, тем самым, не позволяющий реализовываться рефлекторным актам. Этот второй основной процесс в нервной системе получил название *торможение*. Под торможением понимают активный нервный процесс, возникающий под влиянием распространяющихся нервных импульсов и проявляющийся в ослаблении или подавлении возбуждения. Процесс торможения не способен распространяться, он возникает и проявляется локально.

Передача возбуждения с отростка одной нервной клетки на отросток или тело другой нервной клетки возможна двумя способами: электрическим (электротоническим) и химическим. Электрический способ передачи возбуждения осуществляется благодаря тесным контактам передающей и воспринимающей структур (щель между мембранами меньше 2 мкм). Передача возбуждения в таком случае осуществляется аналогично его проведению по нервным волокнам с помощью местных токов, возникающих между деполяризованным участком мембраны нервного волокна и поляризованным участком мембраны нервной клетки. Локальные токи деполяризуют мембрану нейрона до критического уровня, после чего возникает спонтанный процесс регенеративной деполяризации. Электрическая передача возбуждения осуществляется с высокой скоростью, близкой скорости проведения возбуждения по нервным волокнам и также как нерв практически неутомляема.

12. Медиаторы

Передача информации в синапсах осуществляется с помощью молекул специальных химических веществ — **медиаторов**, т.е. посредников передачи, образуемых в терминале и выводимых через пресинаптическую мембрану в синаптическую щель.

Синтезированный медиатор накапливается в пресинаптическом окончании в синаптических пузырьках около синаптической щели. Выведение медиатора в синаптическую щель происходит не отдельными молекулами, а порциями или квантами, состоящими из примерно одинакового числа молекул (порядка нескольких тысяч). Медиатор освобождается в синаптическую щель постоянно: в отсутствии импульсов возбуждения — редкими единичными порциями, под влиянием пришедшего возбуждения — большим числом квантов. Определяющую роль в процессе освобождения медиатора играют ионы Са, поступающие в пресинаптическое окончание через кальциевые каналы в его мембране. В состоянии покоя число открытых Са-каналов крайне невелико, соответственно и кальция поступает мало, и порций медиатора выделяется мало.

Под влиянием поступающих по нервному волокну импульсов происходит деполяризация пресинаптической мембраны, активируется значительное число Са-каналов и выбрасывается большое число порций медиатора.

Передача информации через синапсы осуществляется значительно медленнее, чем по нервам или через тесные контакты, поскольку для процессов выведения медиатора, диффузии через синаптическую щель, связывания с рецепторами постсинаптической мембраны, активации ее хемочувствительных каналов требуется больше времени, чем для сальтаторного или электротонического проведения.

Прекращение действия медиатора и соответствующее завершение передачи импульса возбуждения осуществляется за счет удаления медиатора из синаптической щели.

В зависимости от природы медиатора и характера связывающих его рецепторов постсинаптическая мембрана может деполяризоваться, что характерно для возбуждения, или гиперполяризоваться, что типично для торможения. Соответственно, синапсы, постсинаптическая мембрана которых под влиянием медиатора деполяризуется, носят название возбуждающих, а синапсы, в которых медиатор вызывает гиперполяризацию постсинаптической мембраны, называются *тормозными*.

Лекция 15: «ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ»

Вопросы:

1. Нейронное строение нервной системы. Нервные центры и их свойства.
2. Виды торможения в ЦНС и их значение.
3. Рефлекторная деятельность ЦНС.
4. Рефлекторная дуга, рефлекторное кольцо. Классификация рефлексов.
5. Спинной мозг. Проводниковая и рефлекторная функции спинного мозга. Центры спинного мозга.
6. Функции продолговатого, среднего мозга и мозжечка.
7. Основные эффекты влияния симпатического и парасимпатического отделов на функцию различных внутренних органов и систем организма.

1. Нейронное строение нервной системы. Нервные центры и их свойства

Материалом для построения ЦНС и ее проводников является нервная ткань, состоящая из двух компонентов — нервных клеток (нейронов) и нейроглии. Основными функциональными элементами ЦНС являются нейроны: в теле животных их содержится примерно 50 млрд, из которых лишь небольшая часть расположена на периферических участках тела.

Нейроны составляют 10—15 % общего числа клеточных элементов в нервной системе. Основную же часть ее занимают клетки нейроглии.

У высших животных в процессе постнатального онтогенеза дифференцированные нейроны не делятся. Нейроны существенно различаются по форме (пирамидные, круглые, звездчатые, овальные), размерами (от 5 до 150 мкм), количеству отростков, однако они имеют и общие свойства.

Любая нервная клетка состоит из тела (сомы, перикариона) и отростков разного типа — дендритов (от лат. *dendron* — дерево) и аксона (от лат. *аксис* — ось). В зависимости от числа отростков различают униполярные (одноотростковые), биполярные (двухотростковые) и мультиполярные (многоотростковые) нейроны. Для ЦНС позвоночных типичны биполярные и особенно мультиполярные нейроны.

Дендрит — ветвящийся отросток нервной клетки, проводящий нервный импульс к телу клетки. Дендриты лишены миелиновой оболочки, образуют множество возбуждающих и тормозных синапсов с другими нервными клетками, имеют шипики, не содержат синаптических пузырьков, выполняют рецепторную функцию, являются субстратом, обеспечивающим временную и пространственную суммацию импульсов.

Аксон — длинный цитоплазматический вырост цитоплазмы нейрона, образующий коллатерали и терминали. Формирует нервные стволы и проводящие пути нервной системы. Функция аксона — проведение нервных импульсов к другим нейронам или к рабочему органу. Аксон (нейрит) всегда один.

Нейрон — клетка, способная воспринимать раздражение, приходить в состояние возбуждения, вырабатывать нервные импульсы и передавать их другим клеткам. Является структурной и функциональной единицей нервной системы и находится в симбиотической функциональной и морфологической связи с глиальными клетками.

Афферентный нейрон — проводящий возбуждение от рецепторов в ЦНС. Тела расположены в спинальных ганглиях. От тела отходит отросток, который делится на две ветви. Одна ветвь проводит возбуждение от рецепторов к телу, другая — от тела к нейронам спинного и головного мозга.

Биполярный нейрон — это нейрон, имеющий два отростка — аксон и дендрит.

Вегетативный нейрон — это нейрон, входящих в состав ганглиев, сплетений и нервов вегетативной нервной системы. Нейрон вегетативный мультиполярные, с немиелинизированным аксоном.

Мультиполярный нейрон — нейрон, имеющий, кроме аксона, многочисленные дендриты.

Нервный центр — функциональное объединение нейронов, которые расположены в различных отделах ЦНС и участвуют в осуществлении рефлекса и его регуляции. Клетки нервного центра связаны между собой синаптическими контактами и отличаются

разнообразием и сложностью внешних и внутренних связей. Для Нервного центра характерны жесткие связи между нейронами, генетически запрограммированные и динамические функциональные связи, формирующиеся в процессе образования условных рефлексов.

Функция нейронов заключается в восприятии сигналов от рецепторов или других нервных клеток, хранении и переработке информации, и передаче нервных импульсов к другим клеткам — нервным, мышечным или секреторным. Соответственно имеет место специализация нейронов. Их подразделяют на 3 группы:

1. чувствительные (сенсорные, афферентные) нейроны, воспринимающие сигналы из внешней или внутренней среды;
2. ассоциативные (промежуточные, вставочные) нейроны;
3. двигательные (эфферентные).

Тела сенсорных нейронов располагаются вне ЦНС — в спинномозговых ганглиях и соответствующих им ганглиях головного мозга. Эти нейроны имеют псевдоуниполярную форму с аксоном и аксоноподобным дендритом. К афферентным нейронам относятся также клетки, аксоны которых составляют восходящие пути спинного и головного мозга.

Ассоциативные нейроны — наиболее многочисленная группа нейронов. Они имеют более мелкий размер, звездчатую форму и аксоны с многочисленными разветвлениями; расположены в сером веществе мозга. Осуществляют связь между разными нейронами, например, чувствительным и двигательным в пределах одного сегмента мозга или между соседними сегментами; их отростки не выходят за пределы ЦНС.

Двигательные нейроны также расположены в ЦНС. Их аксоны участвуют в передаче нисходящих влияний от вышерасположенных участков мозга к нижерасположенным или из ЦНС к рабочим органам (например, мотонейроны в передних рогах спинного мозга). Имеются эффекторные нейроны и в вегетативной нервной системе. Особенности этих нейронов являются разветвленная сеть дендритов и один длинный аксон.

Нейроны между собой сообщаются, как и в случае нервно-мышечного взаимодействия, посредством различного типа синапсов. Число межнейронных синапсов во много раз превышает количество нервных клеток и исчисляется астрономическими цифрами: 10¹⁵—10¹⁶. На одном вставочном или двигательном нейроне могут образовывать синаптические контакты аксонные окончания сотен или тысяч других нервных клеток. Основная масса синапсов образуется на дендритах нейрона (его «шипиках»), меньшая часть — на теле и еще меньшая — на аксонах. В соответствии с этим различают аксодендритические, аксосоматические и аксо-аксональные синапсы.

2. Виды торможения в ЦНС и их значение

Соответственно различают возбуждающие и тормозные медиаторы центральных синапсов. Возбуждающими медиаторами являются ацетилхолин (в окончаниях мотонейронов и парасимпатических нервных волокон), норадреналин (в окончаниях симпатических нервов, в ряде отделов головного мозга), дофамин (в подкорковых ганглиях головного мозга). Предположительно возбуждающими медиаторами могут служить также аспарагиновая, глутаминовая кислоты, серотонин, таурин, некоторые пептиды, простогландины. Среди тормозных медиаторов — гамма-аминомасляная кислота, аминокислота глицин. Соответственно и синапсы ЦНС могут быть холинергические,

норадренергические, пептидергические и т. д. Каждый нейрон во всех своих синаптических окончаниях выделяет один и тот же медиатор, хотя он может связываться с разными рецепторами постсинаптической мембраны и вызывать различный эффект.

Торможение, возникающее в нервно-мышечных или нервножелезистых соединениях, называется периферическим, а реализуемое в структурах ЦНС — центральным. Явление центрального торможения было открыто в 1862 г. И. М. Сеченовым, который наблюдал торможение спинномозговых рефлексов у лягушки при раздражении обнаруженных структур среднего мозга.

В отличие от возбуждения, проявляющегося в двух формах — локального (местного) потенциала и потенциала действия, торможение развивается только в форме локального процесса и всегда связано с действием специфических тормозных нейронов и тормозных медиаторов.

В межнейронных синапсах различают два вида торможения — постсинаптическое и пресинаптическое.

Постсинаптическое торможение возникает вследствие снижения возбудимости сомы и дендритов нейрона.

Пресинаптическое торможение возникает при уменьшении или прекращении высвобождения медиатора из пресинаптических нервных окончаний, контактирующих с данной клеткой.

В ЦНС огромное число тормозных нейронов. Торможение бывает:

1. Реципрокное торможение.
2. Возвратное торможение.
3. Латеральное торможение.

Виды торможения:

ТОРМОЖЕНИЕ АНТИДРОМНОЕ (син. торможение возвратное) — процесс регуляции нервными клетками интенсивности поступающих к ним сигналов по принципу отрицательной обратной связи.

ТОРМОЖЕНИЕ БЕЗУСЛОВНОЕ — торможение условного рефлекса, вызываемое любым внешним или внутренним безусловным раздражителем.

ТОРМОЖЕНИЕ ВНЕШНЕЕ (пассивное) — торможение условного рефлекса экстрараздражителями; возникает сразу, при первом применении раздражителя.

ТОРМОЖЕНИЕ ВНУТРЕННЕЕ (условное) — торможение условного рефлекса, возникающее и развивающееся в пределах его дуги, внутреннее торможение возникает при отмене или отставлении подкрепления.

ТОРМОЖЕНИЕ ГАСНУЩЕЕ — вид безусловного торможения. Проявляется в ослаблении тормозящего действия постороннего раздражителя на условные рефлексы при повторении.

ТОРМОЖЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВОЧНОЕ — вид внутреннего торможения, развивающегося в результате неподкрепления раздражителей, близких к подкрепляемому сигнальному.

ТОРМОЖЕНИЕ ЗАПАЗДЫВАТЕЛЬНОЕ — торможение, вырабатываемое путем отставления подкрепления на несколько минут от начала действия положительного условного раздражителя.

ТОРМОЖЕНИЕ ЗАПРЕДЕЛЬНОЕ (син. торможение охранительное) — торможение корковых клеток, возникающее на раздражения, превышающие предел их

работоспособности. Препятствует истощению нейронов под воздействием сверхсильного раздражения.

ТОРМОЖЕНИЕ КОРКОВОЕ — нервный процесс, управляющий механизмами конвергенции к структурным элементам коры и обеспечивающий ее динамический характер.

ТОРМОЖЕНИЕ ЛАТЕРАЛЬНОЕ — торможение нейронов (или рецепторов), расположенных по соседству с возбужденными нейронами проекционных областей коры полушарий большого мозга (или с группой рецепторов).

ТОРМОЖЕНИЕ ПЕССИМАЛЬНОЕ — торможение, возникающее в возбуждающих синапсах при сильной деполяризации постсинаптической мембраны под влиянием чрезмерного поступления к ней нервных импульсов.

ТОРМОЖЕНИЕ ПОСТСИНАПТИЧЕСКОЕ — торможение, обусловленное гиперполяризацией постсинаптической мембраны.

ТОРМОЖЕНИЕ ПРЕСИНАПТИЧЕСКОЕ — торможение, вызываемое уменьшением выброса возбуждающего медиатора и локализуемое в разветвлениях аксонов.

ТОРМОЖЕНИЕ РЕЦИПРОКНОЕ — нервный процесс, основанный на том, что одни и те же афферентные пути, через которые осуществляется возбуждение одной группы нервных клеток, обеспечивают через посредство вставочных нейронов торможение других групп клеток.

ТОРМОЖЕНИЕ УГАСАТЕЛЬНОЕ — торможение условного рефлекса при применении условного раздражителя без подкрепления

3. Рефлекторная деятельность ЦНС

Рассматривая основные принципы и особенности распространения возбуждения в ЦНС и свойства нервных центров, можно выделить следующие моменты.

1. Одностороннее проведение возбуждения. В ЦНС — в ее центрах, внутри рефлекторной дуги и нейронных цепей возбуждение, как правило, идет в одном направлении, например, от афферентного нейрона к эфферентному, а не наоборот.

2. Суммация возбуждений (аналогично можно говорить и о суммации торможения). На нейроне в области его аксонного холмика происходит интеграция событий, разыгрывающихся на отдельных участках мембраны нейрона.

3. Явление окклюзии (закупорки): один и тот же нейрон может передавать сигналы на ряд других нейронов, в результате чего возникает определенный эффект.

4. Трансформация ритма возбуждения. В отличие от скелетной мышцы или аксона нейрон способен трансформировать ритм возбуждений, приходящих к нему.

5. Последствие: один из вариантов этого свойства — длительное циркулирование импульсов по «нейронной ловушке».

6. Утомление нервных центров: это одно из важных свойств ЦНС.

4. Рефлекторная дуга, рефлекторное кольцо. Классификация рефлексов

Рефлекс — стереотипная реакция организма в ответ на раздражение, реализуемая с помощью нервной системы. Структурной основой рефлекса является рефлекторная дуга, представляющая собой совокупность морфологически взаимосвязанных образований,

обеспечивающих восприятие, передачу и переработку сигналов, необходимых для реализации рефлекса.

Рефлекторная дуга по своему строению и назначению элементов представляет собой вышеописанный контур регуляции. Она включает следующие элементы или звенья:

- 1) сенсорные рецепторы (датчики), воспринимающие стимулы внешней или внутренней среды,
- 2) афферентные или чувствительные нервные проводники (каналы сигналов входа),
- 3) нейроны — афферентные, промежуточные или вставочные и эфферентные, т.е. получающие и выдающие информацию нервные клетки, в совокупности, называемые нервным центром (аппарат управления),
- 4) эфферентные или двигательные нервные проводники (каналы выхода),
- 5) эффекторы или исполнительные органы (объекты управления).

Сенсорные рецепторы. Рецепторами называют специализированные образования, предназначенные для восприятия клетками или нервной системой различных по своей природе стимулов или раздражителей.

Афферентные и эфферентные нервные проводники. Основной функцией нервов является проведение сигналов к нервному центру от рецепторов (афферентные проводники) или от нервного центра к эффектору (эфферентные проводники). Собственно, проводниками являются нервные волокна, входящие в состав периферических нервов или белого вещества головного и спинного мозга. Нервные волокна различаются толщиной (диаметром), наличием или отсутствием миелиновой оболочки, скоростью проведения возбуждения, длительностью потенциала действия, продолжительностью следовых потенциалов.

РЕФЛЕКС — возникновение, изменение или прекращение функциональной активности органов, тканей или целостного организма, осуществляемое при участии ЦНС в ответ на раздражение рецепторов.

РЕФЛЕКС БЕЗУСЛОВНЫЙ — врожденная, стереотипная, генетически запрограммированная реакция организма на внутренние и внешние раздражители. Осуществляется по постоянным, сформированным от рождения рефлекторным дугам, замыкается в подкорковых отделах ЦНС и имеет корковое представительство. **РЕФЛЕКСЫ БУЛЬБАРНЫЕ** — Рефлексы, осуществляемые при участии продолговатого мозга. Подразделяются на соматомоторные и висцеромоторные. К соматомоторным относятся статические и статокинетические рефлексы, направленные на поддержание позы, жевательные, мимические, слюноотделительные рефлексы, рефлексы языка и аккомодации зрачка, рефлексы, направленные на восприятие, обработку и проглатывание пищи. На уровне продолговатого мозга замыкаются такие рефлексы, как чиханье, кашель, назофарингеальный аспираторный, окулокардиальный. К висцеромоторным относятся рефлексы, осуществляющие контроль дыхания, деятельность сердца, тонуса сосудов и функций пищеварительных желез.

РЕФЛЕКСЫ ВАЗОВАЗАЛЬНЫЕ — рефлекторные изменения тонуса одних сосудов в ответ на раздражение интерорецепторов других сосудов.

РЕФЛЕКСЫ ВАЗОКАРДИАЛЬНЫЕ — рефлекторные изменения сердечной деятельности при раздражении периферических сосудов.

РЕФЛЕКСЫ ВИСЦЕРО–ВИСЦЕРАЛЬНЫЕ — Рефлексы, изменяющие деятельность внутренних органов в ответ на раздражение интерорецепторов.

РЕФЛЕКСЫ ВИСЦЕРОКУТАННЫЕ — Рефлексы, проявляющиеся в изменении функционального состояния кожи, потоотделения и кожной чувствительности в ответ на раздражение интерорецепторов внутренних органов.

РЕФЛЕКСЫ ВИСЦЕРОСЕНСОРНЫЕ — Рефлексы, проявляющиеся в изменении функционального состояния органов чувств в ответ на раздражение внутренних органов.

РЕФЛЕКСЫ КАРДИОВАСКУЛЯРНЫЕ — Рефлексы, возникающие с рецепторов сердца и изменяющие тонус сосудов.

РЕФЛЕКСЫ КАРДИО–КАРДИАЛЬНЫЕ — Рефлексы, возникающие с механорецепторной зоны сердца в ответ на растяжение. При растяжении предсердий ответ может выражаться как в учащении, так и в урежении сердечного ритма.

РЕФЛЕКС КОЛЕННЫЙ — Рефлексы, вызывающий разгибание ноги в коленном суставе при ударе по сухожилию четырехглавой мышцы бедра.

РЕФЛЕКСЫ КУТАННО–ВИСЦЕРАЛЬНЫЕ — Рефлексы, проявляющиеся в изменении внутренних органов при раздражении определенных участков кожи.

РЕФЛЕКС ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ — ответ организма на изменение окружающей среды в форме выполнения ряда приспособительных действий, направленных на лучшее восприятие изменений внешней или внутренней среды. Состоит из сигнального первичного компонента, ведущего к неспецифической активации рецепторов, и вторичного лабильного, заключающегося в избирательной настройке сенсорных систем для извлечения биологически полезной информации о сигнале.

РЕФЛЕКС СИНОКАРОТЙДНЫЙ — рефлекторное повышение АД за счет сужения периферических сосудов в ответ на зажатие сонных артерий. При этом снижение импульсации, поступающей в сосудодвигательный центр продолговатого мозга от барорецепторов синокаротидных телец по волокнам нерва Геринга, вызывает повышение тонуса симпатических сосудосуживающих нервов. Способствует поддержанию АД.

РЕФЛЕКСЫ СТАТИЧЕСКИЕ — установочные рефлексы, перераспределяющие мышечный тонус в зависимости от положения тела, не связанные с его перемещением в пространстве. Различают рефлексы позы и выпрямления.

РЕФЛЕКСЫ СТАТОКИНЕТИЧЕСКИЕ — Рефлексы, направленные на сохранение и поддержание определенного положения тела во время прямолинейного и вращательного движения.

РЕФЛЕКСЫ СУХОЖИЛЬНЫЕ — рефлекторные реакции, возникающие в ответ на раздражение рецепторов сухожилий и соответствующих мышц.

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА — совокупность образований, необходимых для осуществления рефлекса. Состоит из рецептора, афферентного, центрального, эфферентного звеньев и эффектора.

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА МНОГОЭТАЖНАЯ — включает все отделы ЦНС в ответ на раздражение.

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА МОНОСИНАПТИЧЕСКАЯ — включает один синапс, через который возбуждение от афферентного нейрона передается на эфферентный.

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА ПОЛИСИНАПТИЧЕСКАЯ — включает два и более синапсов.

РЕЦЕПТОР — высокоспециализированное образование, трансформирующее энергию внешнего раздражения в энергию нервного импульса, не искажая содержания информационного сообщения.

5. Спинной мозг. Проводниковая и рефлекторная функции спинного мозга. Центры спинного мозга

Каждый нейронный механизм, участвующий в регуляции мышечной активности, по предложению ряда физиологов, называется двигательной системой. Поэтому, когда говорят: «двигательная система спинного мозга», то подразумевают все механизмы спинного мозга, участвующие в процессах регуляции мышечной активности. Аналогично, можно говорить о двигательных системах ствола мозга, подкорковых структур, мозжечка, коры больших полушарий.

В спинном мозге расположена основная структура — альфамотонейрон, аксон которого является единственным каналом, соединяющим нервную систему со скелетной мышцей. Только возбуждение альфа-мотонейрона приводит к активации соответствующих мышечных волокон. В спинном мозге существует два механизма, активирующих альфа-мотонейроны. 1-й механизм — это прямое нисходящее влияние на альфа-мотонейрон, например, такие воздействия могут оказывать некоторые аксоны гигантских пирамидных клеток Беца, расположенных в двигательной коре.

Однако в мозге чаще активация альфа-мотонейрона осуществляется опосредованно, через дополнительные нейроны — вставочные, число которых в спинном мозге огромно. Можно также возбудить альфамотонейроны за счет 2-го механизма активации с помощью гаммотонейронов. Гамма-мотонейроны активируют интрафузальные мышечные волокна, в результате чего активируются нервные окончания и поток импульсов идет на альфамотонейроны или на вставочные мотонейроны, а от них к альфамотонейронам — это называется гамма-петля. Таким образом, гаммотонейроны выступают в роли вставочных нейронов, но с особым вариантом возбуждения: с участием периферического посредника в виде мышечных веретен. В спинном мозге имеются также нейроны, выполняющие роль пейсмекера. Они могут, автоматически возбуждаясь, активировать непосредственно альфа-мотонейроны без сигналов от супраспинальных двигательных систем.

6. Функции продолговатого, среднего мозга и мозжечка

«Второй этаж» управления — это стволые структуры: вестибулярные ядра, от которых идет вестибулоспинальный путь, красное ядро (руброспинальный путь), ретикулярная формация (ретикулоспинальный путь), покрывка четверохолмия (тектум, тектоспинальный путь). Благодаря этим структурам регулируется мышечный тонус, поза как в условиях покоя, так и при выполнении целенаправленных движений. Этот «этаж» работает в тесном взаимодействии с мозжечком и корой мозга (экстрапирамидные пути, которые начинаются от клеток Беца двигательной коры мозга, обязательно связаны с соответствующими структурами ствола мозга).

«Третий этаж» — это кора. Зарождающийся в ассоциативных зонах коры замысел «поступает» в двигательную кору, откуда он направляется по пирамидному пути к альфа-мотонейронам спинного мозга (часть волокон через вставочные нейроны спинного мозга). Одновременно для коррекции движения и для того, чтобы данная фазная активность проходила в удобном положении, сигнал идет от клеток Беца к структурам ствола мозга и тем самым регулируется поза (экстрапирамидная система). Для того, чтобы движения были организованы правильно, выходящий из ассоциативной зоны коры «замысел»

предварительно попадает к базальным ганглиям, где происходит коррекция и выбор программы действия, и возвращается к двигательной коре, откуда он идет по пирамидному пути. Параллельно, из ассоциативной коры сигнал попадает в мозжечок, а из него через таламус возвращается в двигательную кору (мозжечок также вносит свой вклад в составление программы, в коррекцию движения). Кольца (ассоциативная кора — базальные ганглии — таламус — двигательная кора, ассоциативная кора — мозжечок — таламус — двигательная кора) — тоже являются компонентом экстрапирамидной системы.

Все двигательные системы работают за счет обязательного использования сенсорной информации. Особая роль принадлежит здесь информации, идущей от рецепторов мышц (мышечные веретена, сухожильные рецепторы Гольджи, рецепторы суставов), от кожи (тактильные и болевые рецепторы), а также от вестибулярного анализатора, благодаря которому любое целенаправленное движение выполняется в удобный для организма позу вопреки воздействию сил земного притяжения.

Вегетативными или висцеральными функциями называют физиологические процессы, осуществляемые внутренними органами, железами, сердцем, кровеносными и лимфатическими сосудами, гладкой мускулатурой, клетками крови, и направленные на поддержание обмена веществ, роста, развития и размножения.

Общая характеристика вегетативной нервной системы.

Вегетативная нервная система включает два морфологически и функционально отличающихся отдела: симпатический и парасимпатический. Регуляция висцеральных функций осуществляется вегетативной нервной системой с помощью рефлексов, получивших название вегетативных. Структурной основой вегетативных рефлексов, как и соматических, является рефлекторная дуга (или с обратной связью — кольцо). Особенностью вегетативной нервной системы является локализация эфферентного нейрона нервного центра, вынесенного за пределы центральной нервной системы и располагающегося в вегетативных ганглиях. В нервных центрах соматических рефлексов, как указывалось выше, и вставочные, и эфферентные нейроны расположены в пределах мозга, у вегетативных центров вставочные нейроны локализованы в мозге, а эфферентные — в ганглии. Для симпатического отдела это превертебральные ганглии и симпатические стволы, лежащие по обе стороны позвоночного столба, для парасимпатического отдела — паравертебральные ганглии и нервные узлы, лежащие вблизи иннервируемых органов. Нервные проводники, отходящие от вставочных нейронов мозга и выходящие по направлению к ганглиям, получили название преганглионарных, они образуют синапсы на эфферентных нейронах ганглия, поэтому и эти синапсы называют преганглионарными. Отходящие от нейронов ганглиев эфферентные нервные проводники называют постганглионарными, они образуют синапсы на клетках регулируемых органов или эффекторах, и эти синапсы также называют постганглионарными. Поэтому в симпатическом отделе преганглионарные нервные волокна, как правило, короткие, а постганглионарные — длинные. У парасимпатического отдела, наоборот, преганглионарные волокна, как правило, длинные, а постганглионарные — короткие.

Рецепторы вегетативных рефлексов располагаются во внутренних органах, стенках кровеносных и лимфатических сосудов, коже и даже мышцах и носят название interoцепторов. Все они относятся к первично чувствующим рецепторам, т.е. являются концевыми образованиями афферентных нервных волокон.

Афферентные волокна проходят к нервным центрам либо в составе вегетативных нервов, содержащих как афферентные, так и эфферентные проводники (например, блуждающий нерв), либо в составе соматических афферентных нервов от мышц и кожи, поэтому такие нервы называют еще смешанными. В центральной нервной системе афферентные проводники образуют значительное число синапсов на вставочных нейронах, при этом за счет значительной дивергенции поступающая информация переключается не только по направлению эфферентных нейронов ганглиев, но и на восходящие пути к высшим вегетативным центрам "головного мозга, коре больших полушарий и на нейроны соматических рефлекторных дуг.

Это обеспечивает интеграцию вегетативных рефлексов между собой и с соматическими рефлексами для обеспечения соматических функций. Так, например, афферентные волокна блуждающих нервов несут информацию от механорецепторов легких и хеморецепторов сосудов в структуры вегетативных центров продолговатого и – межоточного мозга, а за счет ассоциативных нейронов сигналы передаются и в кору больших полушарий и соматическим центрам. Таким образом, в рефлекторную деятельность вовлекаются спинальные центры, управляющие межреберной дыхательной мускулатурой и участвующие в реализации актов вдоха и выдоха, а кора осуществляет произвольную регуляцию дыхательных движений.

7. Основные эффекты влияния симпатического и парасимпатического отделов на функцию различных внутренних органов и систем организма

Преганглионарные проводники симпатической нервной системы покидают спинной мозг в составе передних корешков сегментов спинного мозга и через белые соединительные ветви входят в превертебральные ганглии и симпатические или пограничные стволы, где образуют преганглионарные синапсы на нейронах ганглиев. Преганглионарные проводники парасимпатической нервной системы выходят из центров краниального отдела в составе черепномозговых нервов.

Постганглионарные эфферентные проводники симпатического отдела, покидая ганглии, либо входят в соматические нервы через серые соединительные ветви и в их составе проходят к эффекторам, либо образуют самостоятельные симпатические нервы. Короткие постганглионарные парасимпатические волокна ветвятся в толще самого органа, образуя синапсы.

Отличительной чертой эфферентной вегетативной иннервации является мало выраженная сегментарность. Постганглионарные эфферентные нервы содержат тонкие медленно проводящие немиелинизированные волокна. Эфферентные симпатические волокна иннервируют практически все без исключения ткани и органы, тогда как парасимпатические волокна не иннервируют скелетные мышцы, матку, головной мозг, кровеносные сосуды кожи, брюшной, полости и мышц, органы чувств и мозговое вещество надпочечников.

Виды вегетативных рефлексов. Вегетативные рефлексы по характеру взаимосвязей афферентного и эфферентного звеньев, а также внутрицентральных взаимоотношений принято подразделять на:

1) висцеро–висцеральные, когда и афферентное и эфферентное звенья, т.е. начало и эффект рефлекса относятся к внутренним органам или внутренней среде (гастро–дуоденальный, гастро–кардиальный, ангио–кардиальные и т.п.);

2) висцеро–соматические, когда начинающийся раздражением интероцепторов рефлекс за счет ассоциативных связей нервных центров реализуется в виде соматического эффекта. Например, при раздражении хеморецепторов каротидного синуса избытком углекислоты усиливается деятельность дыхательных межреберных мышц и дыхание учащается;

3) висцеросенсорные — изменение сенсорной информации от экстероцепторов при раздражении интероцепторов. Например, при кислородном голодании миокарда имеют место так называемые отраженные боли в участках кожи (зоны Гедда), получающих сенсорные проводники из тех же сегментов спинного мозга;

4) сомато–висцеральные, когда при раздражении афферентных входов соматического рефлекса реализуется вегетативный рефлекс. Например, при термическом раздражении кожи расширяются кожные сосуды и суживаются сосуды органов брюшной полости.

Контрольные вопросы:

1. Назовите нервные центры ЦНС и их свойства?
2. Какие виды торможения в ЦНС вы знаете?
3. В чем заключается рефлекторная деятельность ЦНС?
4. Классификация рефлексов?
5. Назовите в чем заключается проводниковая и рефлекторная функции спинного мозга?
6. Характеристика автономной (вегетативной) нервной системы?
7. Назовите основные эффекты влияния симпатического и парасимпатического отделов на функцию различных внутренних органов и систем организма?

Лекция 16: «ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ»

Вопросы:

1. Классификация анализаторов
2. Структурно–функциональная организация анализаторов
3. Механизм возбуждения рецепторов
4. Свойства и особенности рецепторного и генераторного потенциалов
5. Свойства анализаторов
6. Взаимодействие анализаторов
7. Кодирование информации в анализаторах

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности организма необходимы постоянство его внутренней среды, связь с непрерывно меняющейся окружающей внешней средой и приспособление к ней. Информацию о состоянии внешней и внутренней сред организм получает с помощью сенсорных систем, которые анализируют (различают) эту информацию, обеспечивают формирование ощущений и представлений, а также специфических форм приспособительного поведения.

1. Классификация анализаторов

Деятельность анализаторов обычно связывают с возникновением пяти чувств – зрения, слуха, вкуса, обоняния и осязания, с помощью которых осуществляется связь организма с внешней средой.

В основу классификации анализаторов могут быть положены различные признаки: природа действующего раздражителя, характер возникающих ощущений, уровень чувствительности рецепторов, скорость адаптации и многое другое.

Но наиболее существенной является классификация анализаторов, в основе которой лежит их назначение (роль). В связи с этим выделяют несколько видов анализаторов.

Внешние анализаторы воспринимают и анализируют изменения внешней среды. Сюда следует включить зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный и температурный анализаторы, возбуждение которых воспринимается субъективно в виде ощущений.

Внутренние (висцеральные) анализаторы, воспринимающие и анализирующие изменения внутренней среды организма, показателей гомеостаза.

Анализаторы положения тела воспринимают и анализируют изменения положения тела в пространстве и частей тела друг относительно друга. К ним следует отнести вестибулярный и двигательный (кинестетический) анализаторы.

Болевой анализатор отдельно следует выделить в связи с его особым значением для организма – он несет информацию о повреждающих действиях. Болевые ощущения могут возникать при раздражении как экстеро-, так и интерорецепторов.

2. Структурно–функциональная организация анализаторов

Согласно представлению И. П. Павлова (1909), любой анализатор имеет три отдела: периферический, проводниковый и центральный, или корковый.

Периферический отдел анализатора представлен рецепторами. Его назначение – восприятие и первичный анализ изменений внешней и внутренней сред организма. В рецепторах происходит трансформация энергии раздражителя в нервный импульс, а также усиление сигнала за счет внутренней энергии метаболических процессов. Для рецепторов характерна специфичность (модальность), т.е. способность воспринимать определенный вид раздражителя, к которому они приспособились в процессе эволюции (адекватные раздражители), на чем основан первичный анализ.

Рецепторы характеризуются большим разнообразием.

В классификации рецепторов центральное место занимает их деление в зависимости от вида воспринимаемого раздражителя. Существует пять типов таких рецепторов.

1. Механорецепторы возбуждаются при их механической деформации, расположены в коже, сосудах, внутренних органах, опорно–двигательном аппарате, слуховой и вестибулярной системах.

2. Хеморецепторы воспринимают химические изменения внешней и внутренней среды организма. К ним относятся вкусовые и обонятельные рецепторы, а также рецепторы, реагирующие на изменение состава крови, лимфы, межклеточной и цереброспинальной жидкости (изменение напряжения O₂ и CO₂, осмолярности и pH, уровня глюкозы и других

веществ). Такие рецепторы есть в слизистой оболочке языка и носа, каротидном и аортальном тельцах, гипоталамусе и продолговатом мозге.

3. Терморецепторы воспринимают изменения температуры. Они подразделяются на тепловые и холодные рецепторы и находятся в коже, слизистых оболочках, сосудах, внутренних органах, гипоталамусе, среднем, продолговатом и спинном мозге.

4. Фоторецепторы в сетчатке глаза воспринимают световую (электромагнитную) энергию.

5. Ноцицепторы, возбуждение которых сопровождается болевыми ощущениями (болевые рецепторы). Раздражителями этих рецепторов являются механические, термические и химические (гистамин, брадикинин, K^+ , H^+ и др.) факторы. Болевые стимулы воспринимаются свободными нервными окончаниями, которые имеются в коже, мышцах, внутренних органах, дентине, сосудах.

С психофизиологической точки зрения рецепторы подразделяют в соответствии с органами чувств и формируемыми ощущениями на зрительные, слуховые, вкусовые, обонятельные и тактильные.

По расположению в организме рецепторы делят на экстеро- и интерорецепторы.

К экстерорецепторам относятся рецепторы кожи, видимых слизистых оболочек и органов чувств: зрительные, слуховые, вкусовые, обонятельные, тактильные, болевые и температурные. К интерорецепторам относятся рецепторы внутренних органов (висцерорецепторы), сосудов и ЦНС.

По скорости адаптации рецепторы делят на три группы: быстро адаптирующиеся (фазные), медленно адаптирующиеся (тонические) и смешанные (фазнотонические), адаптирующиеся со средней скоростью. Примером быстро адаптирующихся рецепторов являются рецепторы вибрации (тельца Пачини) и прикосновения (тельца Мейснера) к коже. К медленно адаптирующимся рецепторам относятся проприорецепторы, рецепторы растяжения легких, болевые рецепторы. Со средней скоростью адаптируются фоторецепторы сетчатки, терморецепторы кожи.

По структурно-функциональной организации различают первичные и вторичные рецепторы. Первичные рецепторы представляют собой чувствительные окончания дендрита афферентного нейрона. Тело нейрона расположено в спинно-мозговом ганглии или в ганглии черепных нервов. В первичном рецепторе раздражитель действует непосредственно на окончания сенсорного нейрона. Первичные рецепторы являются филогенетически более древними структурами, к ним относятся обонятельные, тактильные, температурные, болевые рецепторы и проприорецепторы.

Во вторичных рецепторах имеется специальная клетка, синаптически связанная с окончанием дендрита сенсорного нейрона. Это клетка, например фоторецептор, эпителиальной природы или нейроэктодермального происхождения.

Данная классификация позволяет понять, как возникает возбуждение рецепторов.

3. Механизм возбуждения рецепторов

При действии стимула на рецепторную клетку в белково-липидном слое мембраны происходит изменение пространственной конфигурации белковых рецепторных молекул. Это приводит к изменению проницаемости мембраны для определенных ионов, чаще всего для ионов натрия, но в последние годы открыта еще и роль калия в этом процессе.

Возникают ионные токи, изменяется заряд мембраны и происходит генерация рецепторного потенциала (РП). А далее процесс возбуждения протекает в разных рецепторах по-разному. В первично чувствующих рецепторах, которые являются свободными голыми окончаниями чувствительного нейрона (обонятельных, тактильных, проприоцептивных), РП воздействует на соседние, наиболее чувствительные участки мембраны, где генерируется потенциал действия (ПД), который далее в виде импульсов распространяется по нервному волокну. Преобразование энергии внешнего стимула в ПД в первичных рецепторах может происходить как непосредственно на мембране, так и при участии некоторых вспомогательных структур.

4. Свойства и особенности рецепторного и генераторного потенциалов

Рецепторный и генераторный потенциалы – это биоэлектрические процессы, которые обладают свойствами местного или локального ответа: распространяются с декрементом, т.е. с затуханием; величина зависит от силы раздражения, так как подчиняются «закону силы»; величина зависит от скорости нарастания амплитуды стимула во времени; способны суммироваться при применении быстро следующих друг за другом раздражений.

Проводниковый отдел анализатора включает афферентные (периферические) и промежуточные нейроны стволовых и подкорковых структур центральной нервной системы (ЦНС), которые составляют как бы цепь нейронов, находящихся в разных слоях на каждом уровне ЦНС. Проводниковый отдел обеспечивает проведение возбуждения от рецепторов в кору большого мозга и частичную переработку информации. Проведение возбуждения по проводниковому отделу осуществляется двумя афферентными путями: 1) специфическим проекционным путем (прямые афферентные пути) от рецептора по строго обозначенным специфическим путям с переключением на различных уровнях ЦНС (на уровне спинного и продолговатого мозга, в зрительных буграх и в соответствующей проекционной зоне коры большого мозга); 2) неспецифическим путем, с участием ретикулярной формации. На уровне ствола мозга от специфического пути отходят коллатерали к клеткам ретикулярной формации, к которым могут конвергировать различные афферентные возбуждения, обеспечивая взаимодействие анализаторов. При этом афферентные возбуждения теряют свои специфические свойства (сенсорную модальность) и изменяют возбудимость корковых нейронов. Возбуждение проводится медленно через большое число синапсов. За счет коллатералей в процесс возбуждения включаются гипоталамус и другие отделы лимбической системы мозга, а также двигательные центры. Все это обеспечивает вегетативный, двигательный и эмоциональный компоненты сенсорных реакций.

Центральный, или корковый, отдел анализатора, согласно И.П. Павлову, состоит из двух частей: центральной части, т.е. «ядра», представленной специфическими нейронами, перерабатывающими афферентную импульсацию от рецепторов, и периферической части, т.е. «рассеянных элементов» – нейронов, рассредоточенных по коре большого мозга. Кортиковые концы анализаторов называют также «сенсорными зонами», которые не являются строго ограниченными участками, они перекрывают друг друга. Нейроны по толщине коры распределены неравномерно и обычно образуют шесть слоев. Основные афферентные пути в кору заканчиваются на нейронах верхних слоев (III – IV). Эти слои наиболее сильно развиты в центральных отделах зрительного, слухового и кожного анализаторов. Афферентные

импульсы с участием звездчатых клеток коры (IV слой) передаются пирамидным нейронам (III слой), отсюда обработанный сигнал уходит из коры к другим структурам мозга.

В коре входные и выходные элементы вместе со звездчатыми клетками образуют так называемые колонки – функциональные единицы коры, организованные в вертикальном направлении. Колонка имеет диаметр около 500 мкм и определяется зоной распределения коллатералей восходящего афферентного таламокортикального волокна. Соседние колонки имеют взаимосвязи, организующие участие множества колонок для осуществления той или иной реакции. Возбуждение одной из колонок приводит к торможению соседних.

Корковые проекции сенсорных систем имеют топический принцип организации. Объем корковой проекции пропорционален плотности рецепторов. Благодаря этому, например, центральная ямка сетчатки в корковой проекции представлена большей площадью, чем периферия сетчатки.

Для определения коркового представительства различных сенсорных систем используют метод регистрации вызванных потенциалов (ВП). ВП представляет собой один из видов вызываемой электрической активности мозга. Сенсорные ВП регистрируются при стимуляции рецепторных образований и используются для характеристики такой важной функции как восприятие.

Из общих принципов организации анализаторов следует выделить многоуровневость и многоканальность.

Многоуровневость обеспечивает возможность специализации разных уровней и слоев ЦНС по переработке отдельных видов информации. Это позволяет организму более быстро реагировать на простые сигналы, анализируемые уже на отдельных промежуточных уровнях.

Существующая многоканальность анализаторных систем проявляется в наличии параллельных нейронных каналов, т. е. в наличии в каждом из слоев и уровней множества нервных элементов, связанных со множеством нервных элементов следующего слоя и уровня, которые в свою очередь передают нервные импульсы к элементам более высокого уровня, обеспечивая тем самым надежность и точность анализа воздействующего фактора.

Данные особенности строения центрального отдела обеспечивают взаимодействие различных анализаторов и процесс компенсации нарушенных функций. На уровне коркового отдела осуществляется высший анализ и синтез афферентных возбуждений, обеспечивающие полное представление об окружающей среде.

5. Свойства анализаторов

Основными свойствами анализаторов являются:

1. Высокая чувствительность к адекватному раздражителю. Все отделы анализатора, и прежде всего рецепторы, обладают высокой возбудимостью. Так, фоторецепторы сетчатки могут возбуждаться при действии лишь нескольких квантов света, обонятельные рецепторы информируют организм о появлении единичных молекул пахучих веществ. Оценка чувствительности осуществляется с помощью ряда критериев.

Порог ощущения (абсолютный порог) – минимальная сила раздражения, вызывающая такое возбуждение анализатора, которое воспринимается субъективно в виде ощущения.

Порог различения (дифференциальный порог) – минимальное изменение силы действующего раздражителя, воспринимаемое субъективно в виде изменения интенсивности ощущения.

2. Инерционность – сравнительно медленное возникновение и исчезновение ощущений. Латентное время возникновения ощущений определяется латентным периодом возбуждения рецепторов и временем, необходимым для перехода возбуждения в синапсах с одного нейрона на другой, временем возбуждения ретикулярной формации и генерализации возбуждения в коре больших полушарий. Сохранение на некоторый период ощущений после выключения раздражителя объясняется явлением последействия в ЦНС – в основном циркуляцией возбуждения.

3. Способность сенсорной системы к адаптации при постоянной силе длительно действующего раздражителя заключается в основном в понижении абсолютной и повышении дифференциальной чувствительности. По скорости адаптации все рецепторы делят на быстро и медленно адаптирующиеся, иногда выделяют и среднюю по скорости адаптации группу рецепторов. В проводниковом и корковом отделах анализаторов адаптация проявляется в уменьшении числа активированных волокон и нервных клеток.

6. Взаимодействие анализаторов

С помощью анализаторов организм познает свойства предметов и явлений окружающей среды, полезные и негативные стороны их воздействия на организм. Поэтому нарушения функции внешних анализаторов, особенно зрительного и слухового, чрезвычайно сильно затрудняют познание внешнего мира (очень беден окружающий мир для слепого или глухого).

Взаимодействия сенсорных систем могут проявляться в виде влияния возбуждения одной системы на состояние возбудимости другой по доминантному принципу. Так, прослушивание музыки может вызвать обезболивание при стоматологических процедурах (аудиоаналгезия). Шум ухудшает зрительное восприятие, яркий свет повышает восприятие громкости звука. Процесс взаимодействия сенсорных систем может проявляться на различных уровнях. Особенно большую роль в этом играет ретикулярная формация ствола мозга, кора большого мозга. Многие нейроны коры обладают способностью отвечать на сложные комбинации сигналов разной модальности (мультисенсорная конвергенция), что очень важно для познания окружающей среды и оценки новых раздражителей.

7. Кодирование информации в анализаторах

Понятия. Кодирование – процесс преобразования информации в условную форму (код), удобную для передачи по каналу связи. Любое преобразование информации в отделах анализатора является кодированием. В слуховом анализаторе механическое колебание перепонки и других звукопроводящих элементов на первом этапе преобразуется в рецепторный потенциал, последний обеспечивает выделение медиатора в синаптическую щель и возникновение генераторного потенциала, в результате действия которого в афферентном волокне возникает нервный импульс. Потенциал действия достигает следующего нейрона, в синапсе которого электрический сигнал снова превращается в химический, т. е. многократно меняется код. Следует отметить, что на всех уровнях анализаторов не происходит восстановления стимула в его первоначальной форме. Этим физиологическое кодирование отличается от большинства технических систем связи, где сообщение, как правило, восстанавливается в первоначальном виде.

Коды нервной системы. В вычислительной технике используется двоичный код, когда для образования комбинаций всегда используются два символа – 0 и 1, которые представляют собой два состояния. Кодирование информации в организме осуществляется на основе недвоичных кодов, что позволяет при той же длине кода получить большее число комбинаций. Универсальным кодом нервной системы являются нервные импульсы, которые распространяются по нервным волокнам. При этом содержание информации определяется не амплитудой импульсов (они подчиняются закону «Все или ничего»), а частотой импульсов (интервалами времени между отдельными импульсами), объединением их в пачки, числом импульсов в пачке, интервалами между пачками. Передача сигнала от одной клетки к другой во всех отделах анализатора осуществляется с помощью химического кода, т.е. различных медиаторов. Для хранения информации в ЦНС кодирование осуществляется с помощью структурных изменений в нейронах (механизмы памяти).

Кодируемые характеристики раздражителя. В анализаторах кодируются качественная характеристика раздражителя (например, свет, звук), сила раздражителя, время его действия, а также пространство, т.е. место действия раздражителя и локализация его в окружающей среде. В кодировании всех характеристик раздражителя принимают участие все отделы анализатора.

В периферическом отделе анализатора кодирование качества раздражителя (вид) осуществляется за счет специфичности рецепторов, т.е. способности воспринимать раздражитель определенного вида, к которому он приспособлен в процессе эволюции, т.е. к адекватному раздражителю. Так, световой луч возбуждает только рецепторы сетчатки, другие рецепторы (обоняния, вкуса, тактильные и т.д.) на него обычно не реагируют.

Сила раздражителя может кодироваться изменением частоты импульсов в генерируемых рецепторами при изменении силы раздражителя, что определяется общим количеством импульсов в единицу времени. Это так называемое частотное кодирование. При этом с увеличением силы стимула обычно возрастает число импульсов, возникающих в рецепторах, и наоборот. При изменении силы раздражителя может изменяться и число возбужденных рецепторов, кроме того, кодирование силы раздражителя может осуществляться различной величиной латентного периода и временем реакции. Сильный раздражитель уменьшает латентный период, увеличивает число импульсов и удлиняет время реакции. Пространство кодируется величиной площади, на которой возбуждаются рецепторы, это пространственное кодирование (например, мы легко определяем, острым или тупым концом карандаш касается поверхности кожи). Некоторые рецепторы легче возбуждаются при действии на них раздражителя под определенным углом (тельца Пачини, рецепторы сетчатки), что является оценкой направления действия раздражителя на рецептор. Локализация действия раздражителя кодируется тем, что рецепторы различных участков тела посылают импульсы в определенные зоны коры большого мозга.

Время действия раздражителя на рецептор кодируется тем, что он начинает возбуждаться с началом действия раздражителя и прекращает возбуждаться сразу после выключения раздражителя (временное кодирование). При длительно действующем раздражителе, когда происходит адаптация рецепторов, теряется некоторое количество информации о стимуле (его силе и продолжительности), но при этом повышается чувствительность, т.е. развивается сенситизация рецептора к изменению этого стимула. Усиление стимула действует на адаптированный рецептор как новый раздражитель, что также отражается в изменении частоты импульсов, идущих от рецептора.

В проводниковом отделе анализатора кодирование осуществляется только на «станциях переключения», т. е. при передаче сигнала от одного нейрона к другому, где происходит смена кода. В нервных волокнах информация не кодируется, они исполняют роль проводов, по которым передается информация, закодированная в рецепторах и переработанная в центрах нервной системы.

В вышележащих отделах ЦНС наблюдаются уменьшение частоты разрядов нейронов и превращение длительной импульсации в короткие пачки импульсов. Имеются нейроны, возбуждающиеся не только при появлении стимула, но и при его выключении, что также связано с активностью рецепторов и взаимодействием самих нейронов. Нейроны, получившие название «детекторов», избирательно реагируют на тот или иной параметр стимула, например на стимул, движущийся в пространстве, или на светлую либо темную полосу, расположенную в определенной части поля зрения. Количество таких нейронов, которые лишь частично отражают свойства стимула, возрастает на каждом последующем уровне анализатора.

В корковом конце анализатора происходит частотно–пространственное кодирование, нейрофизиологической основой которого является пространственное распределение ансамблей специализированных нейронов и их связей с определенными видами рецепторов. Импульсы поступают от рецепторов в определенные зоны коры с различными временными интервалами. Поступающая в виде нервных импульсов информация перекодируется в структурные и биохимические изменения в нейронах (механизмы памяти). В коре мозга осуществляется высший анализ и синтез поступившей информации.

Анализ заключается в том, что с помощью возникающих ощущений мы различаем действующие раздражители (качественно – свет, звук и т.д.) и определяем силу, время и место, т.е. пространство, на которое действует раздражитель, а также его локализацию (источник звука, света, запаха).

Синтез реализуется в узнавании известного предмета, явления или в формировании образа, впервые встречаемого предмета, явления.

Лекция 17: «ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЭТОЛОГИЯ»

Вопросы:

1. Роль И.М. Сеченова и И.П. Павлова в изучении ВНД.
2. Условные рефлексы, их отличие от безусловных.
3. Методы и методики выработки условных рефлексов.
4. Виды торможения в коре головного мозга и их значение.
5. Классификация и характеристика типов ВНД, их связь с продуктивностью сельскохозяйственных животных.
6. Этология

1. Роль И.М. Сеченова и И.П. Павлова в изучении ВНД

К 60–м годам XIX века материалистическая оценка процессов, протекающих в мозге стала основой мировоззрения многих исследователей. К этому времени относится начало работ молодого И.М. Сеченова в области физиологии центральной нервной системы. В 1863

году в России вышла небольшая по объему работа И.М. Сеченова «Попытка подвести физиологические основы под психическую деятельность», позже названная «Рефлексы головного мозга». В этой книге впервые утверждалось, что в основе психических процессов лежит рефлекторный принцип деятельности. Поведение детерминировано внешней средой и факторами этой среды.

Однако до начала XX столетия еще не существовало методик, с помощью которых можно было бы исследовать механизмы процессов, протекающих в мозге.

Начало XX века привело к коренному повороту в сторону экспериментального изучения физиологических основ психики. Центром этих работ стали лаборатории, руководимые И. П. Павловым (в 1904 году ученый уже был удостоен Нобелевской премии за работы по физиологии пищеварения, в частности, связанные с функцией поджелудочной железы).

Как известно, И.П. Павлов работал с фистульными животными и обнаружил, что у собаки с фистулой слюнной железы начинает выделяться слюна еще до появления пищи: на звук шагов служителя, который эту пищу приносит. Это явление привлекло внимание И. П. Павлова и привело его к изучению условных рефлексов. Условными рефлексами И.П. Павлов называл реакции животных на сигналы, под которыми подразумевались воздействия, предшествующие данному безусловному раздражителю, например, свет, предшествуя даче пищи, начинал сам по себе вызывать слюноотделение. Звук, предшествуя раздражению током конечности у собаки после ряда повторений, сам по себе начинал вызывать сгибание конечностей — оборонительную реакцию и т. д. Возникла специфическая терминология: условный раздражитель — это сигнал, т. е. какой-либо фактор, избранный экспериментатором и включаемый до предъявления безусловного раздражителя — подкрепления. Например, сигнал — свет, подкрепление — пища, реакция — слюноотделение. Опыт, в котором используют сигнал и подкрепление, был назван сочетанием. Оказалось, что после ряда сочетаний образуется условный рефлекс, т. е. реакция на сигнал даже без сопровождения его подкрепления.

2. Условные рефлексы, их отличие от безусловных

Впервые выделив такое явление как условный рефлекс, И. П. Павлов увидел в нем высшую форму рефлекторной деятельности — реакцию не на раздражитель, а на сигнал, предшествующий этому раздражителю. Реакция человека и животного на сигнал имеет то преимущество, что позволяет избежать действия раздражителя, если он отрицателен (опасен), или поспешить навстречу этому раздражителю, если он положителен (необходим или приятен).

Кроме того, сам по себе условный рефлекс был использован как метод для исследования закономерностей ВНД — деятельности организма, направленной на взаимодействие с внешней средой. Выработка условных рефлексов и изучение их форм явились ключом к пониманию физиологических основ психической деятельности. В наши дни в разных лабораториях мира, там, где работают над этой проблемой, почти всегда используют условный рефлекс как инструмент исследований самых различных сторон психики, таких как память, обучение, формы поведения и т. д.

Физиология ВНД изучает нервные механизмы работы мозга, определяющие поведение животных.

Существуют многочисленные методы для изучения функций коры головного мозга:

1. Метод наблюдения за поведением.

2. Метод раздражения коры, а именно на обнаженный участок коры больших полушарий и на определенные точки наносят раздражение электрическим током или химическим веществом.

3. Удаление коры или отдельных участков – чем выше эволюционное развитие, тем тяжелее последствия.

4. Записи биотоков коры больших полушарий – электроэнцефалография.

5. Метод условных рефлексов. Основным при изучении процессов в коре больших полушарий, т.к. при помощи этого метода можно анализировать сложную деятельность коры.

С помощью этого метода И.П. Павлов создал учение о ВНД. В основу этого учения положено 3 принципа:

1. Принцип детерминизма – все причинно обусловлено. Любой нервный акт возникает не спонтанно, а при действии того или иного раздражителя.

2. Принцип анализа и синтеза. Из огромного количества раздражителей ЦНС, кора головного мозга способна анализировать, т.е. различать форму предмета, запах, цвет. Синтез восприятие целостного развития, анализаторской и синтезирующей способностей коры, связанной с приспособлением организма к меняющимся условиям внешней среды.

3. Принцип структурности – всякий нервный процесс происходит в определенных морфологических структурах. Так слуховая, зрительная, тактильная и другие чувствительности отличаются по форме, густоте и расположению нервных клеток.

В коре находится моторная зона – конечные станции чувствительных импульсов, образующихся при движениях. Здесь анализируются импульсы от рецепторов, заложенных в толще мышц, в сухожилиях и суставах. В коре также имеются сенсорные зоны: зрительные, слуховые, тактильные.

В естественных условиях безусловные рефлексы, с которыми рождается живое существо, в результате взаимодействия организма с многочисленными изменчивыми факторами внешней среды как бы «обрастают» разнообразными условными рефлексами и фактически перестают существовать в чистом виде. Так, например, безусловный рефлекс — выделение слюны при попадании пищи в полость рта преобразуется: слюна выделяется на вид пищи, ее запах, на упоминание о пище при разговоре и т. д. Такие условные рефлексы, формирующиеся на качество самого безусловного раздражителя, воспринимаемые не вкусовым анализатором, а другими анализаторами (зрительный, обонятельный), называются натуральными, например, слюноотделение на вид пищи. Они легко образуются при одном–двух сочетаниях. Искусственными называются условные рефлексы, вырабатываемые на посторонние по отношению к безусловному раздражителю сигналы, например, слюноотделение на звук метронома.

Условные рефлексы бывают различными. Единой классификации их не существует, предлагается классификация на основе их различных признаков.

1. По рецептивному полю условного раздражителя рефлексы бывают: интеро —, экстеро и проприоцептивные.

2. По эфферентному звену, реализующему ответ, рефлексы бывают: а) соматические; б) вегетативные.

3. По биологическому значению ответной реакции различают: а) пищевые; б) оборонительные; в) половые; г) родительские условные рефлексы.

4. По совпадению во времени сигнала и подкрепления рефлексы бывают:

- а) совпадающие; б) запаздывающие;
- в) следовые.

Условные рефлексы подразделяют по сложности на рефлексы первого, второго, третьего и т. д. порядка.

3. Методы и методики выработки условных рефлексов

Для проведения эксперимента по выработке и исследованию свойств условных рефлексов строятся специально звукоизолирующие камеры, в которые помещают экспериментальных животных, необходимые приборы, дающие сигналы раздражения и подкрепления (подача кормушки с пищей для пищевого рефлекса или раздражение током для оборонительного рефлекса). В камере находятся разнообразные датчики и приспособления для регистрации условно-рефлекторных реакций, как, например, слюноотделения или движения конечности, раздражаемой током. Регистрация подачи сигнала, подачи подкрепления и ответной реакции производится вне камеры, где экспериментатор ведет опыт, сидя за пультом управления.

Правила выработки условных рефлексов следующие:

1. Для опыта берут здоровых животных в состоянии бодрствования.
2. Используют два раздражителя — сигнал и подкрепление.
3. Сигнал должен на несколько секунд предшествовать подкреплению. Такие рефлексы называют совпадающими.
4. Сигнальный раздражитель должен по силе быть меньшим, чем безусловный.

Эти соотношения объясняются тем, что временная связь, составляющая основу условного рефлекса, возникает между центральными концами анализаторов, ответственных за восприятие условного и безусловного раздражителя, и образуется лишь в том случае, если от слабо возбужденного центра сигнального раздражителя импульс направляется к сильно возбужденному центру подкрепления, т. е. в этом случае проявляется принцип доминанты, в условиях которой сильно возбужденный центр как бы «притягивает» возбуждение из других центров.

Временная связь объединяет два центра, т. е. замыкается между корковыми представительствами условного и безусловного раздражителей. По-видимому, она локализуется на разных уровнях — в коре, а также в ряде подкорковых структур. Центры в коре необходимы для формирования условного рефлекса. Это можно доказать опытом. Экстирпация (удаление) коры у животных приводит к тому, что старые условные рефлексы не воспроизводятся, а новые не вырабатываются. На условных рефлексах строится поведение животных и человека. Условные рефлексы вырабатываются на самые различные раздражители — свет, звук, прикосновение и т. д. Они вырабатываются на комплексы раздражителей, например, на обстановку. Существуют условные рефлексы, вырабатываемые на время, например, кормление по утрам приводит к выделению в утреннее время пищеварительных соков. На какие же реакции организма и формы деятельности можно выработать условный рефлекс? Работами сотрудников и учеников И. П. Павлова доказано,

что, возможно, выработать условно–рефлекторное изменение деятельности любой системы организма: пищеварительной, дыхательной, сердечно–сосудистой, выделительной. Можно с помощью условного рефлекса изменить обмен веществ, деятельность некоторых желез внутренней секреции и т. д. Временная связь составляет базу ассоциаций. Ассоциации можно смоделировать, если выработать условный рефлекс, сочетая два индифферентных раздражителя, например, включение лампочки (свет) подкреплять звуком. Животное в этом случае на включение света будет реагировать поворотом головы к источнику звука. Такого рода ассоциации, в частности, являются элементом обучения. Обучение — усвоение нового на основе известного старого — связано с закономерностями формирования условных рефлексов и базируется на свойстве нервной системы, называемом памятью. Память представляет собой следовые явления в широком смысле (в данном случае это следы в структурах ЦНС).

Если выработать условный рефлекс раздражителями: свет — пища, в результате чего на свет начинает выделяться слюна, то такой рефлекс является условным рефлексом первого порядка и может стать базовым для выработки условного рефлекса второго порядка. Для его выработки применяют дополнительно новый, предшествующий сигнал, например, звук, подкрепляя его светом. В результате многих сочетаний звук начинает вызывать слюноотделение. Возникает сложная опосредованная временная связь.

При достаточно прочном условном рефлексе второго порядка можно приступить к выработке условного рефлекса третьего порядка. Для этого используется новый раздражитель, например, прикосновение к коже с помощью специального прибора, называемого касалкой. В этом случае касалка подкрепляется звуком, звук приводит в возбуждение центр зрения, а последний — пищевой центр. Таким образом, вырабатывается еще более сложная опосредованная связь. Рефлексы более сложного, высокого порядка (4, 5, 6 и т. д.) вырабатываются только у приматов и человека.

4. Виды торможения в коре головного мозга и их значение

И. П. Павлов, изучая условные рефлексы, пришел к выводу о том, что вся деятельность мозга строится из двух процессов: возбуждения и торможения (вспомним, что центральное торможение было впервые обнаружено И.М. Сеченовым в 1863 г.). Природа этих процессов не была целью исследований И.П. Павлова, его интересовали лишь феноменологические проявления возбуждения и торможения и их соотношений, а также то, как эти процессы претворялись в поведенческих реакциях.

И.П. Павлов считал, что возбуждение и торможение могут: 1) иррадиировать, 2) концентрироваться. Иррадиация, т. е. распространение возникшего где–то возбуждения, может происходить при нанесении сильного раздражения. Так, иррадиация характерна для первой фазы предъявления условного раздражителя. Например, предъявление звука и его подкрепление вовлекает первоначально всю зону слухового анализатора. Получается обобщенный генерализированный рефлекс — на любой звук, сходный с первоначальным. Затем такой рефлекс можно превратить в дифференцированный. Например, не на звук метронома вообще, а только на метроном в 60 ударов в минуту. При судорогах генерализация возбуждения наблюдается в очень широких пределах. Концентрация возбуждения бывает при выработке дифференцированного условного рефлекса (только на данный условный раздражитель).

Корковое торможение также может быть генерализованным (например, сон) и концентрированным (при подкреплении какого-либо варианта условного раздражителя).

При наличии концентрированного возбуждения и торможения эти процессы связаны друг с другом по типу индукции (И.П. Павлов заимствовал этот термин из физики). В частности, концентрированное возбуждение в каком-то центре приводит к отрицательной индукции — торможению близлежащих центров. Примером может служить ориентировочный рефлекс, характерный для нового сильного внезапного раздражителя, например, внезапное появление директора в классе, в котором школьники пишут контрольную работу, приводит к тому, что все бросают писать, и все головы поворачиваются к вновь пришедшему: «Что такое?». Так и назвал этот рефлекс И.П. Павлов — «Что такое?». С точки зрения распределения возбуждения и торможения здесь налицо образование нового очага возбуждения, окруженного зоной торможения (отрицательной индукции). Следует отметить условность объяснений, даваемых И.П. Павловым, распространению процесса торможения и понятию «индукция».

В основе торможения может лежать как процесс гиперполяризации, так и процесс стойкой деполяризации

Ориентировочный рефлекс, или рефлекс «что такое?», как указывал И.П. Павлов, имеет большое биологическое значение, так как позволяет сосредоточить все внимание на новом явлении, определить его значимость и установить необходимость той или иной реакции на него.

Положительная индукция выражается в усилении возбуждения в зоне, соседствующей с торможением (в процессе гипнотического торможения, например, незаторможенные центры характеризуются особенно высокой возбудимостью). На этом основаны опыты с внушением в состоянии гипноза, что оказывается очень эффективным. Приведенные примеры понимают, как одновременную индукцию. Если процессы возбуждения и торможения имеют тенденцию последовательно переходить один в другой, то такое явление получило название последовательной индукции, которое хорошо подтверждается специальными экспериментами по выработке условных рефлексов с помощью ряда касалок, наложенных на кожу животного.

Сам процесс коркового торможения по его внешнему проявлению имеет несколько форм. Рассмотрим их классификацию.

1. Внешнее торможение
2. Внутреннее торможение:
 - а) угасание;
 - б) дифференцировка;
 - в) запаздывание;
 - г) условный тормоз.
3. Запредельное торможение.

1. Внешнее торможение. Характерной чертой этого процесса является то, что раздражитель действует на временную связь извне. Примером служит любой ориентировочный рефлекс (см. приведенный выше пример). Механизмом этого торможения И. П. Павлов считал отрицательную индукцию. Важнейшим фактором внешнего торможения является, помимо силы, его новизна. При повторном действии раздражающий фактор утрачивает свою силу, так как уже не вызывает достаточно сильного возбуждения, а,

следовательно, и отрицательной индукции. Внешнее торможение можно назвать безусловным, так как его не нужно вырабатывать.

2. Внутреннее торможение. Развивается этот вид торможения в пределах самой структуры условного рефлекса, и причиной в данном случае является неподкрепление условного раздражителя.

а) Угасание. Этот вид торможения развивается в экспериментах, если уже выработанный условный рефлекс не подкреплять. В этом случае условный раздражитель теряет значение сигнала, и реакция на него тормозится. При этом, как доказано опытами, рефлекс не исчезает, а именно только тормозится, о чем свидетельствует возможность его растормаживания, достигаемая при некоторых условиях.

б) Дифференцировка. Как уже говорилось, в начале выработки условного рефлекса он проявляется как генерализованный, например, если условный раздражитель — звук метронома, то сначала при выработке условного рефлекса он реализуется на звук метронома при любой его частоте. Чтобы перевести генерализованный рефлекс в дифференцированный, необходимо в ходе опыта избрать одну частоту и подкреплять ее, а другие частоты применять без подкрепления. Например, М–60 + пища □ слюноотделение, М–30, М–90, М–120 — применяются без подкрепления и перестают давать реакцию, т. е. вызывают торможение.

В результате такого дифференцированного торможения формируется очень точный условный рефлекс — дифференцированный. Этот вид торможения позволяет животным и человеку адекватно ориентироваться в окружающем мире.

в) Запаздывание. Совпадающие рефлексы вырабатываются таким образом, что сигнал подается на несколько секунд раньше, чем подкрепление. Если подкрепление применить с опозданием еще на несколько секунд, то при повторении ответная реакция так же отстает, так как ей предшествует теперь торможение. Такой рефлекс называют запаздывающим или отставленным. Можно ставить опыт и таким образом, что сигнал действует без подкрепления, а последнее подается только после окончания сигнала. Целый ряд сочетаний условного раздражителя с безусловным, отстоящим от него достаточно далеко, приводит к тому, что подача условного раздражителя вызывает торможение, а рефлекс реализуется только после его прекращения. Это следовой рефлекс. Запаздывание в результате торможения играет большую роль для точной координации рефлекторной деятельности во времени.

г) Условный тормоз. Этот вид торможения вырабатывается на фоне наличного условного рефлекса: если к данному сигналу присоединить новый раздражитель и это сочетание не подкреплять. Например, опыт, поставленный так: свет + пища → слюноотделение, чередовать с опытом свет + звук без подкрепления → торможение, то есть отсутствие слюноотделения. В этом случае новый раздражитель (звук) стал тормозом и присоединение его к любому условному раздражителю, обеспечивающего какую-либо реакцию, не дает этой реакции, затормозит ее.

Все виды внутреннего торможения, основанные на неподкреплении условного сигнала, развиваются где-то в пределах временной связи. В настоящее время нет общепринятой точки зрения на локализацию внутреннего торможения. Существует ряд различных мнений:

1. Развитие процесса торможения происходит где-то в пределах временной связи.
2. Торможение развивается в центре сигнального раздражителя.

3. Торможение подхватывается центром подкрепления. Поскольку внутреннее торможение, как мы видим, должно

вырабатываться, его можно назвать условным. Внешнее и внутреннее торможение в совокупности являются координационными, так как они обеспечивают приспособительную деятельность коры больших полушарий.

4. Запредельное торможение. Этот вид торможения отличается от внешнего и внутреннего по механизму возникновения и по физиологическому значению. Запредельное торможение развивается при условии, когда сигнал нарастает по силе. При этом растет и ответная реакция. Например, представим себе, что выработан пищевой условный рефлекс на звуковой сигнал. Затем в каждом следующем сочетании звук повышают, и это приводит к усилению ответа: растет число капель слюны. С усилением раздражителя слюноотделение достигает максимума, однако, если дальше усилить звук — слюноотделение прекращается. Налицо вид торможения, напоминающего по своему механизму «пессимум», описанный Н. Б. Введенским. Биологический смысл этого вида торможения иной, чем торможения, выполняющего координационную функцию. Запредельное торможение названо охранительным, так как оно защищает нервные структуры от чрезмерных раздражителей, от истощения.

И.П. Павлов считал, что запредельное торможение может вызываться не только действием очень сильного раздражителя, но также действием раздражителя небольшой силы, но большой длительности, однообразного по своему характеру. Это раздражение, действуя на одни и те же корковые элементы, приводит их к истощению, а, следовательно, к охранительному торможению. Считается, например, что однообразное убаюкивание ребенка является причиной возникновения запредельного торможения.

Опыты с условными рефlekсами позволили выявить особые закономерности, характерные для перехода возбуждения в торможение и наоборот. Например, при засыпании или просыпании, при выработке в эксперименте у животного любого вида торможения, в случае, если оно имеет тенденцию к иррадиации. Названные закономерности сводятся к характерным изменениям силовых соотношений, имеющим место в норме, между силой условного раздражителя и ответной реакции. В нормальных условиях эти силовые соотношения таковы, что возрастание силы условного раздражителя ведет к увеличению интенсивности ответной реакции. Наиболее наглядно эта закономерность проявляется пищевым — слюноотделительным рефлексом. Если усиливать звук, избранный в качестве условного раздражителя, то каждое новое его усиление дает прибавление капель слюны, выделяемой в качестве условно-рефлекторного ответа. Нарушение этих соотношений имеет фазовый характер, напоминающий фазовый переход от возбуждения к торможению, обнаруженный ранее на нервно-мышечном препарате в опытах Н.Е. Введенского с парабиозом. В ходе его опыта производилось химическое раздражение нерва и импульсы, проходящие через очаг парабиоза, в котором развивался особый процесс стойкой деполяризации, вызывали фазовые изменения картины сокращения мышцы, которой они адресовались. Фазовые явления у животных и фазы парабиоза при развитии тормозного состояния протекали в такой последовательности: 1. уравнивательная, 2. парадоксальная, 3. ультрапарадоксальная и 4. тормозная.

Уравнивательная фаза выражалась в том, что на раздражения прерывистым током возрастающей силы мышца отвечает не возрастающими по амплитуде сокращениями, как это было в норме, а сокращениями одинаковой амплитуды.

Парадоксальная фаза выражалась в том, что с нарастанием тока амплитуда сокращений мышцы уменьшалась.

Следом за парадоксальной фазой наступала тормозная, при которой мышца переставала отвечать на раздражения любой силы.

Все эти фазы можно было наблюдать в опытах И.П. Павлова с условными рефлексамии у собак. Однако в этих случаях наблюдалась еще одна фаза — ультрапарадоксальная.

Присущая только ВНД, но не наблюдаемая на нервномышечном препарате, ультрапарадоксальная фаза выражалась в том, что условные рефлексы на сигналы, которые ранее подкреплялись, при этой фазе исчезали, а условные рефлексы на раздражения, применяемые в процессе дифференцировки и не подкрепляемые — вдруг появлялись. И. П. Павлов отмечал, что в патологии, в частности при неврозах, фазовые явления приобретают застойный характер, превращаясь в фазовые состояния разной длительности.

5. Классификация и характеристика типов ВНД, их связь с продуктивностью сельскохозяйственных животных

По соотношению силы, уравновешенности и подвижности нервных процессов И.П. Павлов различал четыре основных типа ВНД

1. Сильный неуравновешенный (безудержный) особи сильно возбудимые, быстро ориентирующиеся, возбуждение преобладает над торможением, условно-рефлекторные положительные реакции вырабатываются быстро и долго сохраняются. Тормозные реакции вырабатываются медленно, животные не способны тонко дифференцировать раздражители (холерик).

2. Сильный уравновешенный подвижный. Особи относительно легко переходят от возбуждения к торможению, спокойно реагируют на окружающую обстановку; условные рефлексы вырабатываются быстро и долго сохраняются (сангвиник).

3. Инертный. Рефлексы вырабатываются быстро и долго удерживаются. Поведение особей спокойное, несколько превалирует торможение над возбуждением (флегматик).

4. Слабый тип. Тормозные и возбудительные процессы слабо выражены, условные рефлексы вырабатываются трудно. Ориентировочные рефлексы проявляются замедленно и относительно трудно. Особи слабо приспособляются к жизни (меланхолик).

По данным различных авторов, наибольшее количество животных относится к сильному типу и меньше всего к слабому (1220) %. Животные сильного типа отличаются быстрой реакцией, хорошей поедаемостью корма, меньшими затратами на единицу получаемой от них продукции.

6. Этология

При изучении поведения животных под влиянием условий среды необходимо учитывать наследственный фон поведения животных данного вида и породы.

При формировании крупных стад и применении промышленной технологии производства идеальным следовало бы считать стадо, однородное как по продуктивности, так и по свойствам поведения. Исследования по генетике ВНД показали, что свойства нервных процессов, лежащих в основе типов нервной деятельности являются врожденными и доминантными. Увеличение процента животных, имеющих сильный уравновешенный

подвижный тип дает возможность во-первых повысить продуктивность стада, во-вторых увеличить срок эксплуатации животных в промышленной технологии.

Классификация поведенческих реакций

Внутривидовые отношения животных	Поведение, связанное с наследованием полезных для человека качеств животных
Безусловные рефлексы Пищевой Сосательный Половой Материнства Подражания Ритуализация Оборонительный Игровой Сторожевой Исследовательский (новизны)	Тип и резвость лошадей Порода и продуктивность коров Тип и продуктивность овец Порода и яйценоскость птицы Естественная устойчивость Многоплодие Тип ВНД

Поведение, обусловленное рефлексами, имеет генетическую основу, унаследовано от родителей, и сформулировано в процессе филогенеза. В процессе одомашнивания приспособление животных к условиям жизни, которое создал для них человек, шло за счет отбора генотипов с измененным поведением.

Поведение, вытекающее из условных рефлексов, не передается из поколения в поколение, такое поведение, приобретенное в результате опыта в конкретных условиях и ситуациях, сохраняется при их стабильности, но изменяется вместе с ними.

Селекция, направленная на выведение животных со спокойным темпераментом, способствовала улучшению большинства полезных признаков. Такие животные обладают лучшей продуктивностью. Например, быки-производители со спокойным темпераментом дают сперму лучшего качества, а лошади более выносливы в работе, как в упряжке, так и под седлом. При отборе коров на позитивный стереотип пищевого и группового поведения в качестве важного признака выделяется высокая молочная продуктивность. У высокопродуктивных коров образцы пищевого поведения (поиск корма, прием корма, жвачка) более развиты, ритмичны и эффективны. Групповая активность появляется реже, их адаптация к нахождению в сообществе достигается при наименьшем числе взаимодействий с другими животными.

Рассматривая организм, как целостную, саморегулирующую систему И.П. Павлов указал, что уравнивание организма и среды происходит при помощи нервной системы в виде рефлексов. Первоначальная фаза адаптации осуществляется за счет врожденной безусловно рефлекторной деятельности, а более тонкое и подвижное приспособление за счет условных рефлексов. Выработав условные рефлексы, животное соединяет более широкий круг внутренних и внешних сигналов с приспособительными ответами «Выгода»– реакция на эти сигналы опережает действие безусловно рефлекторного раздражителя. Наличие в организме разных каналов связи позволяет расширять диапазон приспособительных реакций.

Основными нервными структурами, участвующими в формировании поведения, являются гипоталамус, ретикулярная формация и кора головного мозга. Так в эксперименте на жвачных животных установлено, что электростимуляция отдельных структур гипоталамуса обеспечивает: отыскивание корма и двигательные реакции, связанные с

приемом корма, пережевыванием, регуляцией жвачки, моторику желудочно–кишечного тракта, ощущение голода, насыщения. Жажда. Импульсы, идущие из гипоталамуса по восходящим путям, оказывают активирующее влияние на ретикулярную формацию и другие подкорковые образования, а также на кору больших полушарий, обеспечивая формирование целенаправленного поведенческого акта.

Механизмы, регулирующие поведение животных, делятся на врожденные (простые врожденные поведенческие рефлексы и инстинкты) и приобретенные (реакции заучивания). У животных разное эмоциональное состояние: страх, гнев, Радость. Важнейшим центром эмоций – является лимбическая система. С эмоциями сочетается изменение внешнего вида. Эмоциональные реакции – безусловные, помогают животным приспособиться к среде.

В формировании поведения животных – условно рефлекторные реакции, имеющие не только нервное, но и гуморальное звено (влияние гормонов, ферментов, нейропептидов). Повторяемость определенных физиологических процессов в организме, являющихся результатом приспособления к периодическим изменениям среды (циклические колебания освещения, изменение наружной температуры, влажности, доступности корма). Все это обозначается как биологический ритм. У животных выделяют сезонный ритм (воспроизводительные функции, продолжительность дня и ночи), суточный (влияющий на все функции организма). Биологический ритм врожденный. Нервные центры, контролирующие биологические ритмы (высшие биологические часы), находятся в гипоталамусе.

Между спонтанной и рефлекторной формами активности существует взаимодействие, при чем с возрастом происходит постепенное подчинение авторитмичных процессов рефлекторным механизмам. Изменение внешних условий, в результате смены техногенного режима содержания, несоответствию сложившегося возбуждения нервной активности с фактической сменой световых, температурных, пищевых и других факторов в течение суток. Адаптация поведенческих реакций осуществляется за счет регуляторной роли центральной нервной системы.

Лекция 18: «ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ЖИВОТНЫХ»

Вопросы:

1. Понятие об адаптации, ее механизмы.
2. Виды адаптации.
3. Фазы процесса адаптации.
4. Механизмы адаптации.
5. Биологические ритмы их виды и влияние на жизнедеятельность организма животных.

1. Понятие об адаптации, ее механизмы

Адаптация — процесс приспособления организма к меняющимся условиям среды.

Адаптацией называют все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности организмов с процессами на клеточном, органном, системном и организменном уровнях. Адаптация обозначают явления приспособления, соизмеримые по

продолжительности с жизнью индивидуума, и сдвиги в организмах популяций на протяжении нескольких поколений.

Адаптация поддерживает постоянство гомеостаза, обеспечивает работоспособность, максимальную продолжительность жизни и репродуктивность в неадекватных условиях среды.

Различают три типа приспособительно–адаптивного поведения живых организмов: 1. бегство от неблагоприятного раздражителя, 2. пассивное подчинение ему, 3. активное противодействие за счет развития специфических адаптивных реакций.

Например: наступают зимние холода, и в животном мире — от простейших до человека мы найдем все три формы приспособления. Некоторые животные «уходят» от холода, прячась в теплые норы, большая группа живых существ, называемых пойкилотермными, снижает температуру тела, впадая в сонное состояние до наступления теплых дней. Это — пассивная форма приспособления к холоду. И, наконец, другая большая группа животных, в том числе человек, называемых гомойотермными, реагирует на холод сложным балансированием теплопродукции и теплоотдачи, добываясь при низкой температуре окружающей среды стабильной температуры своего тела. Этот тип адаптации — активный, сопряженный с развитием специфических и неспецифических реакций.

Биологический смысл активной адаптации состоит в установлении и поддержании гомеостаза, позволяющего существовать в измененной внешней среде.

2. Виды адаптации

1. *Болевая адаптация* – адаптация рецепторов и специальных центральных образований к действию повреждающих раздражителей, приводящая к ослаблению или устранению болевых ощущений.

2. *Вкусовая адаптация* – снижение вкусовой чувствительности после воздействия какого–либо вещества.

3. *Адаптация к высоте* – адаптация человека к условиям существования и активной деятельности при пониженном парциальном давлении кислорода во вдыхаемом воздухе (обычно в негерметизированных кабинах летательных аппаратов и при восхождении на горы).

4. *Зрительная адаптация* – процесс оптимизации зрительного восприятия к конкретному уровню освещенности, заключающийся в изменении абсолютной и дифференциальной чувствительности в зависимости от величины освещенности. Различают адаптацию световую и адаптацию темновую.

5. *Адаптация нервных центров* – адаптация, проявляющаяся снижением возбудимости нервных центров при длительном действии каких–либо раздражителей.

6. *Обонятельная адаптация* – временное увеличение порога ощущения воздействующего вещества; при этом чувствительность уменьшается не только по отношению к стимулирующему веществу, но и к другим пахучим веществам.

7. *Адаптация рецепторов* – процесс уменьшения активности рецепторов по мере действия раздражителя с постоянными физическими характеристиками.

8. *Сенсорная адаптация* – разновидность физиологической адаптацией, под которой понимают в основном снижение чувствительности сенсорной системы к действующему раздражителю постоянной интенсивности.

9. *Слуховая адаптация* – изменения в восприятии звуковых раздражителей во время или после действия звука какой-либо постоянной интенсивности. Проявляется в двух различных психофизиологических феноменах:

- уменьшение ощущения громкости, наблюдающееся во время действия звука;
- уменьшение слуховой чувствительности после действующего стимула.

10. *Тактильная адаптация* – изменение субъективной оценки интенсивности дотрагивания.

11. *Температурная адаптация* – уменьшение ощущения температуры объекта при дотрагивании воздействию на рецепторную поверхность раздражителя с постоянной температурой. Наступает вследствие адаптации рецепторов холода и тепла.

12. *Адаптация организма к токсическому веществу* – адаптация организма к поступлению токсического вещества из окружающей среды, выражающаяся в том, что первоначальная реакция на это вещество полностью и навсегда исчезает, т. е. не может быть обнаружена с помощью современных методов исследования, в том числе различных функциональных нагрузок.

13. *Физическая адаптация* – адаптация организма к изменяющимся физическим нагрузкам.

14. *Цветовая адаптация* – зрительная адаптация к цветовым раздражителям, проявляющаяся снижением цветовой чувствительности глаза и нарушением различения разных цветовых тонов.

15. *Эволюционная адаптация* – адаптация популяции к систематическим нерезким однонаправленным изменениям условий окружающей среды, происходящая в ряду поколений путем отбора более приспособленных генотипов.

Адаптивность – способность живой материи на всех уровнях развития адаптироваться к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды с помощью различных приспособительных механизмов.

3. Фазы процесса адаптации

1. Первая фаза или «аварийная» — развивается в самом начале действия как физиологического, так и патогенного фактора или измененных условий внешней среды. При этом реагируют висцеральные служебные системы вспомогательного значения: кровообращение, дыхание.

2. Вторая фаза — переходная к устойчивой адаптации. Она характеризуется уменьшением общей возбудимости центральной нервной системы, формированием функциональных систем, обеспечивающих управление адаптацией к возникшим новым условиям. Снижается интенсивность гормональных сдвигов, постепенно выключается ряд систем и органов, первоначально вовлеченных в реакцию.

3. В третьей фазе организм приобретает неспецифическую и специфическую резистентность (устойчивость) организма.

4. Механизмы адаптации

Первое соприкосновение организма с измененными условиями или отдельными факторами вызывает ориентировочную реакцию, которая может перейти в генерализованное возбуждение параллельности. Если раздражение достигает определенной интенсивности, это приводит к возбуждению симпатической системы и выделению адреналина.

Такой фон нейрорегуляторных соотношений характерен для первой фазы адаптации — аварийной. На протяжении последующего периода формируются новые координационные отношения: усиленный эфферентный синтез приводит к осуществлению целенаправленных защитных реакций. Гормональный фон изменяется за счет включения системы АКГГ — глюкокортикоиды. Глюкокортикоиды и выделяемые в тканях биологически активные вещества мобилизуют цАМФ, синтез белков в клетках, выделение гаммаглобулинов, глюконеогенез. Ткани получают повышенное энергетическое, пластическое и защитное обеспечение. Все это составляет основу третьей фазы (устойчивой адаптации).

Важно отметить, что переходная фаза стойкой адаптации имеет место только при том условии, что адаптогенный фактор обладает достаточной интенсивностью и длительностью действия.

Если он действует кратковременно, то аварийная фаза прекращается и процесс адаптации не формируется. Если адаптогенный фактор действует длительно или повторно прерывисто, это создает достаточные предпосылки для формирования так называемых «структурных следов». Суммируются эффекты действия факторов, углубляются и нарастают изменения, с вовлечением метаболического компонента, и аварийная фаза адаптации превращается в переходную, а затем и в фазу стойкой адаптации.

Поскольку фаза стойкой адаптации связана с постоянным напряжением управляющих механизмов, перестройки нервных и гуморальных соотношений, формированием новых функциональных систем, то процессы эти в определенных случаях могут истощаться. Если принять во внимание, что в ходе развития адаптивных процессов важную роль играют гормональные механизмы, то становится ясно, что они являются наиболее истощаемым звеном.

Истощение управляющих механизмов, с одной стороны, а также клеточных механизмов, связанных с повышенными энергетическими затратами — с другой стороны — приводит к **дезадаптации**.

Деадаптация возникает чаще всего в тех случаях, когда действие факторов, явившихся основными стимуляторами адаптивных изменений в организме, усиливается, и они становятся несовместимыми с жизнью.

В ходе эволюционного развития организмы адаптировались к действию широкого спектра природных раздражителей.

5. Биологические ритмы их виды и влияние на жизнедеятельность организма животных

Классификация биоритмов (по Ф. Халбергу):

1. Ритмы высокой частоты — все колебания с длительностью цикла не более 0,5 часа.

2. Ритмы средней частоты: ультраданный (ультрадианный) – с длительностью от 0,5 до 20 часов, циркадный (циркадианный) – 20–28 часов, инфраданный (инфранианный) – с длительностью от 28 часов до 6 дней.

3. Ритмы низкой частоты: циркавигинтанный (с 20–дневной длительностью), циркатригинтанный (соответствует лунному месяцу – около 30 дней), цирканнуальный (годовой).

Сами задаватели ритмов могут быть простыми и сложными. К простым можно, например, отнести подачу пищи в одно и то же время, вызывающую относительно простые реакции, в основном ограничивающиеся вовлечением в активность пищеварительной системы. Смена света и темноты — также относительно простой задаватель ритма. Однако, он вовлекает в смену активности и покоя (бодрствования и сна) не одну систему, а весь организм.

К примерам сложных задавателей ритма можно отнести смену сезонов года, приводящую к длительным специфическим изменениям состояния организма, в частности, его реактивности, устойчивости по отношению к различным факторам, уровня обмена веществ, направленности обменных реакций, к эндокринным сдвигам.

Биоритмы могут быть связаны непосредственно с задавателями ритмов (подача пищи, секреция желез).

Другие биоритмы связаны сложными неизученными и не всегда понятными временными связями. Например, женский менструальный цикл — лунный месяц. В данном случае видна генетическая запрограммированность интервала, зависящего от ритмов работы гипоталамо–гипофизарной системы, развития и созревания яйцеклетки в яичнике, циклических изменений слизистой оболочки матки.

Время в биологических системах выступает как сложная категория, причем, живые организмы, существуя в настоящем, в своей деятельности опираются на прошлое, а сама деятельность управляется и регулируется будущим.

Животный мир адаптировался к смене сезонов. Сезоны — времена года — включают в себя изменения целого комплекса факторов окружающей среды: освещенности, температуры, влажности, радиации. Животные приобрели способности заранее реагировать на смену времен года, например, при приближении зимы, но еще до наступления холодов у многих млекопитающих развивается значительная прослойка подкожного жира, шерсть становится густой, меняется окраска шерсти и т. д. Сам механизм предварительных изменений, позволяющий животным встретить надвигающиеся холода подготовленными, является замечательным достижением эволюции. В результате фиксированности в организме изменений окружающего мира и сигнального значения факторов внешней среды и развиваются «опережающие» реакции приспособления.

Помимо смены сезонов в течение года животный мир адаптировался к смене дня и ночи. Эти природные изменения определенным образом зафиксированы во всех системах организма.

Литература

1. Практикум по анатомии с основами гистологии и эмбриологии сельскохозяйственных животных / В.Ф. Вракин и др. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Колос, 2001.
2. Практикум по анатомии и гистологии с основами цитологии и эмбриологии сельскохозяйственных животных: учеб. пособие / В.Ф. Вракин, М.В. Сидорова, В.П. Панов, А.Э. Семак. 3-е изд., перераб и доп. СПб.: Изд-во «Лань», 2013.
3. Васильев Ю.Г., Трошин Е.И., Яглов В.В. Цитология. Гистология. Эмбриология: учебник. 2-е изд., испр. СПб.: Изд-во «Лань», 2013.
4. Донкова Н.В. Цитология, гистология, эмбриология. Лабораторный практикум: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2014.
5. Зеленевский Н.В. Зеленевский К.Н. Анатомия животных: учеб. пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2014.
6. Кравец И. Анатомия собаки и кошки: учебник. 2-е изд. М.: Изд-во «Аквариум Принт», 2014. 580 с.
7. Осипов И.П. Атлас анатомии домашних животных. М.: «Аквариум–Принт». 2014. 152 с.
8. Климов А.Ф., Акаевский А.И. Анатомия домашних животных: учебник. 8-е изд. СПб.: Изд-во «Лань», 2011.
9. Латинско – русский медицинский словарь: *Nomina anatomica veterinaria* / Prepared by the International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, authorized by the General Assembly of the World Association of Veterinary Anatomists, Knoxville, TN (U.S.A.) 2003. 5th ed. (rev. version). 2012. 160 с.
10. Практикум по анатомии и гистологии с основами цитологии и эмбриологии сельскохозяйственных животных: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2013.
11. Сравнительная физиология животных: учеб. для вузов. СПб.: Лань, 2015.
12. Швырёв А.А., Муранова М.И. Словарь медицинских и общемедицинских терминов. Ростов н/Д., 2007.

Учебное издание

Лавриненкова А.Н.

**КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ
РАЗДЕЛ: ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ**

программы подготовки специалистов среднего звена
специальностей
36.02.01 Ветеринария,
35.02.15 Кинология,
35.02.14 Охотоведение и звероводство

Редактор Адылина Е.С.

Подписано к печати 14.06.2022. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л.9.35. Тираж 25 экз. Изд. №7304

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ