

В СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1

Тема: Введение. Физиология возбудимых тканей.

План лекции:

1. Понятие о физиологии сельскохозяйственных животных как учебной дисциплине. Структура и задачи дисциплины, значение в подготовке зооинженера.
2. Общая характеристика возбудимых тканей.
3. Электрические явления в тканях.
4. Физиология мышц.
5. Физиология нервов.

1. ВОПРОС

Физиология – наука, изучающая деятельность здорового организма, механизмы его функционирования, их взаимосвязь, регуляцию, приспособление к условиям внешней среды.

Функция – специфическая деятельность органа или системы (например, функции ЖКТ – моторная, секреторная, всасывательная; органов дыхания – обмен газов; мышц – сокращение и расслабление и т.д.).

☉ Важным условием существования организма является обмен веществ, представленный двумя противоположными и связанными между собой процессами: ассимиляции и диссимиляции (самоподготовка).

☉ Взаимосвязь функций и реакций организма, его единство и целостность, обусловлены наличием двух тесно связанных механизмов регуляции – гуморального и нервного. Поэтому принято говорить о единой нервно-гуморальной регуляции функций организма (самоподготовка).

☉ **Гомеостаз** – постоянство внутренней среды организма, независимо от воздействий внешней и внутренней среды. Гомеостаз – важное звено поддержания здоровья и выживания организма в условиях постоянных изменений среды (самоподготовка).

☉ Основные методы физиологического исследования: **наблюдение** и **опыт (эксперимент)**. В эксперименте используют лабораторных животных, специальные приборы и установки для воздействия на организм и регистрации ответной реакции.

☉ Существует 3 формы опыта:

1) **Острый** – во время операции под наркозом получают доступ к внутренним органам, которые исследуют.

2) **Хронический опыт** – позволяет вести наблюдения за животными или функциями органов и тканей в течение долгого времени. Для этого применяют фистулы, катетеры, выводят наружу протоки пищеварительных желез или мочеточников, вживляют электроды и др.

3) **Моделирование функций** – производится с помощью аппаратов, имитирующих ту или иную функцию (модель искусственного рубца у животных, модель сердца, легких и т.д.).

☉ Также в физиологии широко применяют и физико-химические методы исследования: колориметрию, спектрофотометрию, рентгенографию, электронную микроскопию и др.

Основные разделы дисциплины

1. Общая физиология – изучает природу процессов, общих для организмов разных видов и реакции организма на воздействия среды.

2. Частная – функции тканей, органов и систем организма.

3. Сравнительная – сходство и различие каких-либо функций у разных животных.

4. Эволюционная и экологическая – возникновение и развитие функций в процессе эволюции животных и механизмы их адаптации к условиям среды.

5. Специальная (прикладная) – закономерности изменения функций организма в связи с его специфической деятельностью и конкретными условиями обитания.

Физиология сельскохозяйственных животных – раздел частной физиологии, изучающий функции организмов и их регуляцию у животных для получения от них соответствующей продукции (молока, мяса, яиц, шерсти).

Цель дисциплины – дать знания о закономерностях физиологических процессов здорового организма для целенаправленного повышения продуктивности животных, правильного и своевременного проведения зооветеринарных мероприятий.

Задачи: 1) изучить общие закономерности функций различных органов и систем организма; 2) изучить функции организма во взаимодействии с внешней средой и механизмы его адаптации к условиям внешней среды; 3) изучить механизмы регуляции функций организма; 4) особенности закономерностей физиологических процессов у разных видов сельскохозяйственных животных.

Физиология базируется на таких дисциплинах как «Морфология сельскохозяйственных животных», «Зоология», «Физика», «Химия» и «Биохимия» и тесно связана с «Кормлением», «Основами ветеринарной медицины», «Акушерством и репродукцией сельскохозяйственных животных» и др.

2. ВОПРОС

Ткани, выработавшие быстрый ответ на действие раздражителя, называются – **возбудимые ткани**. К ним относятся нервная, железистая и мышечная ткани. Общим признаком возбуждения является возникновение в возбудимых тканях биологического тока действия – потенциала действия (ПД). Возбуждение проявляется в разных возбудимых тканях по-разному: в мышечной – сокращением, в железистой – образованием и выделением секрета, в нервной – возникновением и проведением нервного импульса.

Физиологический покой – состояние тканей, при котором на них не действует раздражитель, и они не проявляют признаков присущей ей деятельности.

Состояние активности возникает при действии на ткань раздражителя. Основные формы активного состояния возбудимой ткани – **возбуждение и торможение**.

Возбуждение – проявление деятельности **возбудимых тканей под влиянием раздражителя**.

Возбудимость – способность ткани отвечать на действие раздражителя изменением физиологических свойств и возникновением процесса **возбуждения (ПД)**.

Степень возбудимости ткани характеризуется по силе раздражителя и по времени его действия.

Минимальная сила раздражителя, вызывающая возбуждение называется **порог раздражения или возбудимости (пороговая сила)**, а сам раздражитель – **пороговым**. Раздражение меньшей, чем пороговая, силы, не вызывающее ответные реакции – **подпороговое**, а большей, чем пороговая – **сверхпороговое** (бурная реакция).

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).

Раздражение – процесс воздействия раздражителя на живую ткань.

Раздражитель – любое внезапно возникающее, сильное, быстрое и длительно действующее изменение условий внешней и внутренней среды, вызывающее обратимые изменения физиологических свойств клеток и тканей.

Различают три группы раздражителей: *физические* (термические, механические, электрические, световые, звуковые), *физикохимические* (изменение осмотического давления, реакции среды, электролитного состава) и *химические* (кислоты, щелочи, яды, гормоны, продукты обмена, лекарства и др.).

По биологическому принципу раздражители подразделяют на адекватные и неадекватные.

Адекватные – действуют на ткань в обычных условиях её существования (свет на сетчатку глаза).

Неадекватные – действуют на ткань в неестественных условиях (укол, удар и др.). Они часто вызывают нарушение функций организма.

Раздражимость – способность ткани отвечать на действие раздражителя специфической реакцией (изменение обмена веществ, усиление потребления O_2 и др.).

Проводимость – свойство возбудимых тканей проводить волну возбуждения с определённой для данной ткани скоростью.

Лабильность – способность возбудимой ткани реагировать на раздражение с определённой скоростью. Т.е. это максимальное число импульсов за 1 с на такое же число раздражений.

Сократимость – укорочение клетки в ответ на раздражение.

Торможение – ослабление или прекращение деятельности ткани или органа. Оно приводит к угнетению или предупреждению возбуждения. В зависимости от локализации тормозного процесса различают периферическое торможение (осуществляемое в синапсах) и центральное – возникает в ЦНС.

Следствием *возбуждения* является возникновение определённой деятельности организма или его составляющих, а следствием *торможения* – подавление или угнетение деятельности клеток, тканей или органов, т.е. уменьшение или недопущение возбуждения.

3. ВОПРОС

Живая клетка в результате обмена веществ непрерывно генерирует **биологический ток**. Между цитоплазмой клетки и окружающей клетку средой существует ионное неравновесие. В состоянии покоя внутри клеток больше ионов калия (K^+) в 30–50 раз, чем снаружи. А снаружи в 10–20 раз больше ионов натрия (Na^+). Это обеспечивает «+» заряд наружной и «-» заряд внутренней поверхности мембраны. Ток, регистрируемый в возбудимых тканях в состоянии покоя, называется *потенциалом покоя (ПП)*.

При действии на ткань раздражителя возникает ток, называемый *потенциалом действия (ПД)*. Причиной его возникновения является изменение ионной проницаемости мембраны в участке, на где действует раздражитель (внутри клетки поступает больше ионов Na , а наружу – ионов K). Поверхность мембраны клетки в месте раздражения становится электроотрицательной, создается разность потенциалов между соседними участками поверхности мембраны клетки, возникает ПД, распростра-

няющийся по всей мембране клетки.

Восстановление ионного неравновесия в клетках обеспечивает специальная система – **калий-натриевый насос**. Он представлен специальными переносчиками ионов, которые транспортируют ионы K внутрь клетки, а ионы Na – наружу и восстанавливают ионное неравновесие. Переносчиками служат белки-ферменты, имеющиеся в самой мембране клетки.

4. ВОПРОС

У животных существует три вида мышц: поперечнополосатые мышцы ППМ (поперечнополосатые скелетные и поперечнополосатые сердечные) и гладкие мышцы (ГМ), которые различны по строению и функциям (см. морфология).

ППМ состоят из клеток – мышечных волокон цилиндрической формы, которые объединяются в мышечные пучки. В саркоплазме, кроме стандартных органелл, вдоль оси волокна расположены тонкие нити – **миофибриллы**, а в них – **протофибриллы** (нити сократительных белков **актина** и **миозина**). Миофибриллы объединяются в группы – **колонки**, по 4–20 штук в каждой. Каждая миофибрилла разделена **Z-мембранами** на участки – саркомеры. На обоих концах саркомеров к Z-мембране прикреплены пучки актин-миозиновых нитей (тонкие нити актина лежат между более толстыми нитями миозина).

Механизм мышечного сокращения связан с взаимодействием актина и миозина. На поверхности актиновых нитей имеется два белка – **тропонин** и **тропомиозин**. Рецепторы двигательного нервного волокна на мембране мышечных волокон секретируют медиатор **ацетилхолин**, который открывает в мембране ионные каналы. Большое количество ионов Na поступает внутрь волокна, на мембране возникает ПД, который её деполяризует. ПД стимулирует выделение из **саркоплазматического ретикулума** – СР (система трубочек и цистерн, окружающих каждую миофибриллу) большого количества ионов Ca. Они взаимодействуют с **тропонином**, образуя комплекс, который активизирует **тропомиозин**, а тот – движение миозиновых нитей. Актиновые нити подтягиваются на миозиновые и мышца укорачивается. Затем кальциевый насос транспортирует Ca в СР, происходит отсоединение поперечных мостиков миозина от актина, и мышца расслабляется.

Возврат ионов Ca в СР требует затрат энергии. Её источником служит АТФ. Одна молекула АТФ затрачивается на возврат 2-х ионов Ca.

Свойства ППМ. Поперечнополосатым скелетным мышцам присущи 1)возбудимость, 2)проводимость, 3)упругость, 4)растяжимость, 5)эластичность и б)пластичность. Возбуждение внешне проявляется в сокращении. В ответ на одиночное раздражение мышца отвечает **одиночным сокращением**. Оно осуществляется очень быстро (за 0,1 с). В естественных условиях к мышце чаще поступает серия импульсов, на что она отвечает длительным сокращением – **тетаническим**.

Сокращение мышцы при постоянной нагрузке, сопровождающееся одним и тем же напряжением, называется **изотоническим**.

Сокращение, при котором она развивает силу, но не может укорачиваться из-за чрезмерной нагрузки, называется **изометрическим**.

Сокращения поперечнополосатых скелетных мышц починено сознанию животного.

Сокращения поперечнополосатой сердечной мышцы обеспечивается вегетатив-

ной нервной системой и **автоматизмом самой сердечной мышцы** (возбуждение возникает периодически под влиянием процессов, протекающих в самой мышце).

Утомление мышц – временное снижение их работоспособности в результате длительной работы. Оно проявляется уменьшением силы сокращения мышцы и степени расслабления мышцы. Различают два вида утомления мышц:

Ложное – утомляется не сама мышца, а механизм передачи импульсов с нерва на мышцу (в синапсе истощаются резервы медиатора).

Истинное – в мышце накапливаются недоокисленные продукты обмена веществ, дефицит O_2 , истощаются запасы энергии. После отдыха восстанавливается работа синапса, с кровью удаляются продукты обмена, доставляются O_2 , питательные вещества и работоспособность восстанавливается.

В ГМ сократительный аппарат, представлен нерегулярно распределенными **миозиновыми** и **актиновыми** нитями – **протофибриллами**. Миоциты укорачиваются в результате относительного скольжения нитей. Скорость скольжения и скорость расщепления АТФ в 100–1000 раз меньше, чем в скелетных мышцах. Благодаря этому гладкие мышцы хорошо приспособлены для длительного стойкого сокращения без утомления, с меньшей затратой энергии.

Гладким мышцам присущи те же **основные свойства**, что и ППМ. Сокращение ГМ не зависит от сознания, и регулируются вегетативной нервной системой.

5. ВОПРОС

Нерв – скопление нервных волокон, заключенных в общую соединительнотканную оболочку. **Нервное волокно** – отросток нервной клетки (нейрона) – дендрит или аксон. Нервные волокна делятся на **миелиновые (мякотные)** и **безмиелиновые (безмякотные)**.

Миелиновые волокна состоят из **осевого цилиндра** (проводит возбуждение) и покрывающих его **миелиновой** и **Шванновской оболочек**. Миелиновая оболочка не полностью покрывает осевой цилиндр, а местами прерывается и оставляет открытыми участки осевого цилиндра, которые называются **узловыми перехватами (перехваты Ранвье)**. Длина участков между перехватами различна и зависит от толщины нервного волокна (чем оно толще, тем длиннее расстояние между перехватами). Миелиновая оболочка обеспечивает изолированное проведение возбуждения от других нервных волокон и питает осевой цилиндр. Шванновская оболочка образована **Шванновскими клетками (миелоцитами)**. Осевой цилиндр пронизан **нейрофибриллами, микротрубочками** и покрыт **плазматической мембраной**.

По особенностям строения и скорости проведения возбуждения нервные волокна делятся на 3 типа:

- **А** (толстые миелиновые), обладают наибольшей скоростью проведения возбуждения – 120 м/с;

- **В** (вегетативные преганглионарные мякотные) – 3–14 м/с;

- **С** (тонкие, безмякотные постганглионарные вегетативные) – 0,5–2 м/с.

Основные свойства нерва и нервного волокна – возбудимость и проводимость. Возбуждение в виде потенциалов действия (ПД или нервного импульса) проводится от рецепторов в ЦНС и от ЦНС к периферическим исполнительным органам. Возбуждение проводится изолированно по каждому волокну и именно по анатомически целому (не поврежденному). Нерв относительно неустойчив, т. к. тратит мало энергии (в основном на работу Na/K насоса).

Передача возбуждения с нервного волокна на нервную, мышечную и железистую

клетки осуществляется через **синапс** – структурно-физиологическое образование, обеспечивающее передачу возбуждения с нервного волокна на иннервируемую им клетку (мышечную, нервную или железистую).

Нервный импульс, достигнув **пресинаптической мембраны**, вызывает ее деполяризацию, что приводит к открытию в ней **кальциевых каналов**. Ионы Са из **синаптической щели** входят внутрь нервного окончания и способствуют освобождению **медиатора** из пузырьков и выходу его в синаптическую щель. Он воздействует на **постсинаптическую мембрану** через холинорецепторы. Происходит её деполяризация с возникновением ПД, а под его влиянием – деполяризация соседних с синапсом участков мембраны и ПД распространяется по всему органу.

Свойства синапсов

1. Проведение возбуждения только в одном направлении (с аксона на другой орган, мышцу).

2. Замедленное проведение возбуждения (возбуждение через синапс проводится с задержкой в сравнении с нервным волокном).

3. Утомление (связано с уменьшением запаса медиатора при длительном поступлении импульсов).

4. Низкая лабильность (проведение возбуждения через синапс сопряжено с затратой относительно большого количества времени).

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.

2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.

3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 2

Тема: Физиология центральной нервной системы.

План лекции:

1. Рефлекторный принцип деятельности центральной нервной системы. Рефлексы.
2. Нервные центры и их свойства.
3. Торможение в центральной нервной системе.
4. Физиология спинного мозга.

1. ВОПРОС

Приспособление процессов жизнедеятельности организма к меняющимся условиям среды называется регуляцией. Регуляция обеспечивается нервной и гормональной системами. Нервная система осуществляет свою деятельность по принципу рефлекса – связывает в организме рецепторы, ткани и органы в *рефлекторные дуги (РД)*. РД – путь прохождения нервных импульсов (**НИИм**) от рецептора к рабочему органу.

Структурно-функциональной единицей НС является **нейрон**. Каждый нейрон в ЦНС выполняет три функции: 1) воспринимает **НИИм** от рецепторов или других нейронов;

2) вырабатывает собственные импульсы; 3) проводит импульсы к другому нейрону или органу. С исполнительным органом и между собой нейроны контактируют с помощью синапсов.

Нейроны делят на 3 группы:

- чувствительные (афферентные, рецепторные, сенсорные);
- вставочные;
- двигательные (эфферентные, моторные).

Чувствительные нейроны воспринимают сигналы из внешней или внутренней среды. Они находятся вне ЦНС (в ганглиях). Они имеют аксон и длинный аксоноподобный дендрит.

Вставочные нейроны находятся в ЦНС (в сером веществе), мелкие, звёздчатой формы. Имеют хорошо разветвлённые аксоны. Осуществляют связь между чувствительными и двигательными нейронами в пределах одного сегмента мозга или между соседними сегментами. Их отростки не выходят за пределы ЦНС.

Двигательные нейроны также находятся в ЦНС. Имеют один длинный аксон и множество разветвлённых дендритов. Участвуют в передаче импульсов из вышерасположенных участков мозга к нижерасположенным или из ЦНС к рабочим органам.

Возбуждение (НИИм) проходит по нейрону в одном направлении – от дендритов к телу нейрона и затем по аксону.

Рефлекс – ответная реакция организма на раздражение с участием ЦНС. Он осуществляется через РД, которая может быть двух видов.

Простая (моносинаптическая) – состоящая из чувствительного и двигательного нейронов, между которыми имеется 1 синапс (РД сухожильного рефлекса).

Сложная (полисинаптическая) – которая включает: 1) чувствительные рецепторы, 2) чувствительное нервное волокно – дендрит чувствительного нейрона, 3) один или несколько вставочных нейронов и двигательный нейрон – нервные центры

(НЦ), 4) двигательное нервное волокно – аксон двигательного нейрона, 5) рабочий орган.

Рецепторы воспринимают раздражение внешней или внутренней среды, возникает поток **НИМ**, который передаётся на чувствительные дендриты и по ним поступает к нейронам **НЦ**. **НЦ** проводит анализ и синтез полученной информации, определяет биологическую значимость, формирует конкретную ответную приспособительную реакцию и в виде двигательных **НИМ** передает её двигательным аксонам, проводящим их к рабочему органу. Рабочий орган осуществляет свою функцию. Специальное звено обратной чувствительности воспринимает совершенную рабочим органом функцию и передает эту информацию в **НЦ**.

Время от начала действия раздражителя до начала ответной реакции органа называется *временем рефлекса*. Оно зависит от силы раздражителя, площади раздражаемого поля и структуры **РД**.

По природе рефлексы делят на *безусловные* (врождённые, передающиеся по наследству, относительно постоянные, свойственны всем животным вида.) и *условные* (приобретённые организмом в течение жизни на базе безусловных).

По биологическому значению – пищевые, оборонительные, половые, локомоторные, ориентировочные и др.

По расположению рецепторов – *экстероцептивные* (температурные, тактильные, зрительные, слуховые, вкусовые), *интероцептивные* (сосудистые, сердечные, желудочные, кишечные) и *проприоцептивные* (мышечные, сухожильные).

По характеру ответной реакции – двигательные, секреторные и др.

2. ВОПРОС

Нервные центры (НЦ) – группа нейронов ЦНС, участвующих в регуляции какой-либо функции органа. Нейроны **НЦ** могут лежать в разных отделах ЦНС (например, нейроны дыхательного центра лежат в спинном, продолговатом, среднем, промежуточном мозге и в коре больших полушарий).

НЦ имеют ряд свойств:

1. *Одностороннее проведение возбуждения* – **НИМ** идут только в одном направлении (от аксона к дендриту или телу нервной клетки);
2. *Медленное проведение НИМ* – требуется время для их прохождения через множество синапсов, связывающих нейроны в **НЦ**;
3. *Суммация НИМ* – в синапсах при каждом возбуждении происходит *частичная деполяризация* постсинаптической мембраны, но она мала, чтобы вызвать **ПД**. При частых импульсах их суммарная величина обеспечивает полную деполяризацию и вызывает **ПД**. Суммация возникает при одновременном раздражении нескольких рецепторных полей, **НИМ** от которых идут к одному **НЦ**;
4. *Иррадиация возбуждения* – сильное возбуждение одного **НЦ** вызывает возбуждение и других **НЦ**;
5. *Последствие* – раздражение рецепторов уже закончено, а ответная двигательная реакция ещё продолжается. К **НЦ** **НИМ** идут по прямым и

непрямым путем, которые немного запаздывают и поддерживают возбуждение **НЦ**);

6. Трансформация НИМ – в **НЦ** ритм и сила импульсов могут повышаться или понижаться;

7. Облегчение – после каждого раздражения повышается возбудимость **НЦ** (поэтому последующие **НИМ** оказывают больший эффект);

8. Конвергенция – в ЦНС чувствительных путей в 4-5 раз больше, чем двигательных и к двигательному нейрону возбуждение поступает по многим путям;

9. Инертность – способность **НЦ** длительно сохранять следы возбуждения;

10. Пластичность – способность одних **НЦ** выполнять функции других (при возникновении нарушений в них);

11. Доминанта – временное, стойкое усиление возбуждения **НЦ** за счёт перехвата **НИМ**, адресованных другим **НЦ**;

12. Обмен веществ. В **НЦ** очень высокий и в состоянии покоя, а при возбуждении увеличивается в 3–4 раза. Они очень чувствительны к недостатку O_2 и глюкозы;

13. Окклюзия (закупорка) – при одновременном поступлении **НИМ** по двум чувствительным потокам количество возбужденных нейронов оказывается меньше, чем арифметическая сумма **НИМ** на каждый поток в отдельности;

14. Утомляемость – как следствие очень высокого уровня обмена веществ (это связано с нарушением проведения возбуждения в синапсах).

15. Торможение – ослабление или прекращение деятельности **НЦ**.

3. ВОПРОС

Торможение – процесс ослабления или прекращения какой-либо деятельности. Торможение в центральной нервной системе открыл в 1862 г. И. М. Сеченов в опытах на лягушках. У лягушки он удалял большие полушария, затем заднюю лапку лягушки раздражал 0,5%-ным раствором *серной кислоты* и определял время рефлекса отдергивания лапки. После этого на поперечный разрез мозга (область промежуточного мозга) накладывал кристаллик поваренной соли и вновь раздражал заднюю лапку раствором серной кислоты. Время рефлекса отдергивания лапки значительно увеличивалось. **Вывод** – в промежуточном мозге имеются специальные *тормозящие центры*. Возбуждение их тормозит двигательные центры спинного мозга.

Двигательные рефлексы можно затормозить, если в **НЦ** встретятся возбуждения, идущие от двух рецепторных полей. Так, рефлекс отдергивания лапки на раздражение раствором *серной кислоты* тормозится при сильном сжимании пинцетом другой лапки (тоже и при наложении закрутки на губу лошади – сильное болевое раздражение тормозит двигательные реакции животного).

В центральной нервной системе выделяют два вида торможения:

1) **Первичное** – вызываемое тормозящими нейронами. Возникает на постсинаптической мембране тормозящего синапса в результате её *гиперполяризации*.

2) **Вторичное** – возникающее при определенных условиях в самих нейронах. Его открыл Н. Е. Введенский. Он выделил:

- *пессимальное торможение* – при превышении лабильности **НЦ** частотой поступающих **НИМ**.

- *парабиотическое торможение* – возникает патологиях, когда лабильность **НЦ** значительно снижается и обычные возбуждения для них являются очень частыми и сильными.

Координация деятельности **НЦ** происходит в результате взаимодействия процессов возбуждения и торможения: например, деятельность центров мышц сгибателей и разгибателей конечностей (если в центре сгибателей возникает возбуждение, то в центре разгибателей появляется процесс торможения, и наоборот); деятельность дыхательного центра (при возбуждении центра вдоха рефлекторно тормозится центр выдоха).

Следовательно, любой рефлекторный акт (согласованная деятельность в организме) осуществляются благодаря взаимодействию в ЦНС процессов возбуждения и торможения.

4. ВОПРОС

В спинном мозге (**СМ**) находятся центры многих рефлексов. В шейном отделе лежат центры диафрагмальных нервов, нарушение этих центров приводит к расстройству дыхания. В грудной части **СМ** находятся центры мышц передних конечностей, туловища; в поясничной области – центры мышц задних конечностей. В **СМ** имеются центры симпатических и парасимпатических нервов: симпатических – в грудном и поясничном, а парасимпатических – в крестцовом отделах. С их помощью осуществляется ряд простых и сложных рефлексов: сгибания и разгибания конечностей; потоотделения; мочеиспускания; дефекации; молоковыведения, эрекции; эякуляции; сердечно-сосудистых, дыхательных, пищевых, обмена веществ. Все центры **СМ** находятся под контролем центров **ГМ**.

Важной функцией **СМ** является проведение **НИМ**. Его проводящие пути делятся на восходящие и нисходящие. Одни из них короткие и объединяют соседние сегменты **СМ**, а другие – длинные, соединяющие спинной мозг с различными отделами **ГМ**.

НИМ от рецепторов кожи, сосудов, мышц, связок и сухожилий, внутренних органов по восходящим путям идут в продолговатый, средний, промежуточный мозг и мозжечок. От промежуточного мозга по специальным нейронам **НИМ** поступают в кору больших полушарий, где и обрабатываются. Нисходящие пути проводят **НИМ** от коры к двигательным нейронам спинного мозга.

Восходящие и нисходящие пути перекрещиваются, часть – в продолговатом, а часть – в **СМ**. Поэтому правая половина **ГМ** получает импульсы от рецепторов

левой стороны тела, а левая – от правой. **НИМ** от двигательных центров коры правого полушария **ГМ** поступают на левую сторону тела, и наоборот.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 3

Тема: Физиология крови

План лекции:

1. Основные функции и состав крови.
2. Физико-химические свойства крови.
3. Кровотворение.
4. Свертывающая и противосвертывающая системы крови.
5. Группы крови.

1. ВОПРОС

Кровь – жидкая ткань, циркулирующая в замкнутой системе кровеносных сосудов и сердца. Она составляет 7-10 % от массы тела имеет красный цвет (его придают эритроциты) и в совокупности с тканевой жидкостью и лимфой, образуют внутреннюю среду организма. Большая часть крови находится в постоянном движении (55-60%) и 40-45% – находится в депо.

Основные функции крови:

1. **Транспортная** - транспортирует питательные вещества (глюкозу, аминокислоты, жиры, витамины, минеральные вещества и др.) после их всасывания в ЖКТ.

2. **Дыхательная** - переносит O_2 от лёгких к тканям и CO_2 - от тканей к лёгким.

3. **Выделительная** - доставляет к органам выделения продукты обмена веществ (аммиак, мочевины, билирубин и др.).

4. **Терморегулирующая** - обеспечивает равномерное распределение тепла в организме и поддержание определённой температуры тела.

5. **Регуляторная** - за счёт наличия гормонов, медиаторов, витаминов, электролитов и других БАВ.

6. **Защитная** - обеспечивает клеточный (лейкоциты), гуморальный (защитные белки, антитела) иммунитет, свёртывание.

7. **Гомеостатическая** - вместе с лимфой и тканевой жидкостью участвует в поддержании гомеостаза.

Кровь состоит из жидкого межклеточного вещества – **плазмы** и **клеток** (форменных элементов) – эритроцитов, лейкоцитов и кровяных пластинок (тромбоцитов).

Плазма составляет 55-60% объёма крови – полупрозрачная жидкость желтоватого цвета, состоящая на 90-92% из воды и на 8-10% – из сухого вещества (9% – органические и 1% – неорганические соединения). Органические вещества на 6-8% представлены белками (альбумины, глобулины, фибриноген, протромбин и др.). Также имеется глюкоза, липиды, аминокислоты, мочевины, ферменты, гормоны, витамины, пигменты и др. Неорганические вещества представлены ионами натрия, калия, кальция, фосфора, хлора.

Клетки составляют 40 – 45 % объёма крови. **Эритроциты (Э)** – красные кровяные тельца. У с/х животных они безъядерные, имеют форму двояковогнутого диска (поверхность эритроцита увеличивается в 1,5 раза). У птиц они овальные и имеют ядро. Вся цитоплазма Э заполнена **гемоглобином** – **Нб** (липопротеид – глобин и железосодержащий пигмент – гемм). При вдохе в лёгких **Нб** присоединяет O_2 и становится **оксигемоглобином**. В тканях **Нб** отдаёт O_2 и соединяется с CO_2 , превращаясь в **карбогемоглобин**. При выдохе он отдаёт CO_2 и процесс повторяется. **Нб** легко соединяется с угарным газом (СО) – **карбоксигемоглобин** (0,1% угарного газа связывает 80 % **Нб**, вызывая гипоксию).

Э могут менять свою форму и легко проходят через капилляры (безъядерные Э деформируются лучше, чем ядерные). Э адсорбируют и переносят питательные вещества, воду,

гормоны и другие БАВ. Удельный вес Э ($1,096 \text{ г/см}^3$) выше, чем плазмы, поэтому они склонны оседать. Скорость оседания Э (СОЭ) является показателем состояния крови. Она зависит от возраста, пола, содержания фибриногена (при его повышении, повышается и СОЭ), беременности (растёт содержание фибриногена и СОЭ). Повышение СОЭ наблюдается при воспалениях, инфекционных и онкологических заболеваниях, уменьшении Э в крови (анемия).

Э образуются и развиваются в красном костном мозге (ККМ). Продолжительность их жизни у с/х животных составляет 120-140 дней. Разрушаются Э в ККМ и селезёнке.

Лейкоциты (Л) – белые клетки крови, содержат ядра, могут активно двигаться и выходить за пределы сосудов. Их содержание в крови колеблется в больших пределах и может увеличиваться после приёма пищи, тяжёлой мышечной работы, при воспалительных заболеваниях. Их основная функция – защитная.

Л делят на зернистые (гранулоциты) – имеют в цитоплазме специфическую зернистость и незернистые (агранулоциты) – зернистость отсутствует.

Зернистые делятся на:

- **Базофилы** – до 5 % (гранулы крупные, тёмно-синего или сиреневого цвета).
- **Эозинофилы** – до 7 % (гранулы крупные, красно-оранжевого цвета).
- **Нейтрофилы** – 30–50 % (гранулы мелкие, розово-фиолетового или сизого цвета). В крови имеются клетки разной степени зрелости – миелоциты, юные, палочкоядерные и сегментоядерные (полностью созревшие).

Незернистые делятся на:

- **Лимфоциты** – 40–60 % (круглое фиолетовое или сиреневое ядро, занимающее большую часть клетки и голубоватая цитоплазма). В процессе дифференцировки лимфоциты превращаются в Т-лимфоциты и В-лимфоциты.
- **Моноциты** – до 2–7 % (самые крупные клетки с бобовидным или лопастным ядром и светло-серой цитоплазмой).

Лейкоцитарная формула – процентное соотношение различных форм Л. Общее количество лейкоцитов и лейкоцитарная формула не являются постоянными.

Л образуются и развиваются в ККМ, тимусе, лимфатических узлах и селезёнке. Живут Л от нескольких часов до нескольких дней. Исключение составляют Т- и В-лимфоциты – клетки памяти (несколько лет или всю жизнь).

Кровяные пластинки (КП, тромбоциты) – безъядерные осколки мегакариоцитов (крупных клеток ККМ-га). Содержат тромбопластин и участвуют в свёртывании крови, стимулируют сужение кровеносных сосудов. Образуются в ККМ. Живут 5–7 дней. Разрушаются в селезёнке.

2. ВОПРОС

Температура крови зависит от интенсивности обмена веществ органа, от которого оттекает кровь, и колеблется в пределах $37-40^\circ\text{C}$. При движении крови происходит выравнивание температуры в различных сосудах и создаются условия для отдачи или сохранения тепла в организме.

Относительная плотность крови (удельный вес) у животных составляет $1,058$ до $1,062 \text{ г/см}^3$ и зависит в основном от содержания Э, а плазмы – белков ($1,029-1,032 \text{ г/см}^3$). Увеличение липидов (жиров) в крови снижает ее плотность.

Вязкость – сила внутреннего трения и сцепления частиц жидкости, противодействующая её течению. Она обусловлена наличием Э и в меньшей степени белков плазмы. Вязкость плазмы в 1,8-2,2 раза, а цельной крови в 4-5 раз больше вязкости воды. Вязкость возрастает при опорожнении депо крови, больших потерях воды и при резком замедлении тока крови. Вязкая кровь

вызывает напряжение работы сердца по проталкиванию её по сосудам. **Эффект Фареуса-Линдквиста** – уменьшение вязкости крови в сосудах малого диаметра, что существенно уменьшает напряжение сердца при продвижении крови по мелким сосудам, имеющим большую суммарную площадь.

Осмотическое давление (ОД) – давление растворённых в крови веществ, обеспечивающее движение воды через мембрану из раствора с низкой концентрацией веществ – в раствор с высокой. Оно определяет переход воды из тканей в кровь и наоборот. Его изменение ведёт к нарушению водного обмена в клетках. ОД крови млекопитающих составляет 7-8 атм. Величина ОД зависит в основном от растворённых в крови низкомолекулярных соединений - солей, глюкозы и мочевины (на 98-99%). Около 60% ОД создает NaCl и 1-2% - белки. ОД крови соответствует осмотическому давлению 0,85 – 0,9%-ного раствора NaCl (растворы с таким же ОД называют изотоническими (физиологические) и самый простой из них – 0,85%-ный раствор NaCl). Растворы, имеющие более высокое ОД, называют *гипертоническими*, а более низкое – *гипотоническими*. В гипертоническом растворе Э сморщиваются (вода из них выходит в раствор), а в гипотоническом – набухают (вода из раствора – в них) и разрушаются с выходом гемоглобина в плазму, которая приобретает красный цвет. Механизм регуляции ОД обеспечивается функцией почек, потовых желез, ЖКТ, осморецепторных клеток кровеносных сосудов и гипоталамуса под контролем нервной и гуморальной систем.

Онкотическое (коллоидное) давление (ОнД) – давления, создаваемое белками плазмы крови (0,2-0,3 атм.). ОнД на 80% обусловлено альбуминами, которые обладают выраженной способностью притягивать к воде. ОнД способствует переходу воды из тканевой жидкости в кровь и её удержанию в крови. При снижении ОнД крови вода выходит из сосудов в ткани – **отёк**.

Реакция крови (кислотно-щелочное равновесие) – обусловлена соотношением водородных (H⁺) и гидроксильных (OH⁻) ионов. Для её выражения используют показатель pH, который у животных равен 7,35-7,55 (слабощелочная). Изменение реакции крови приводит к нарушению работы органов и систем организма, т.к. ферменты крови работают при строгом pH. Это постоянство обеспечивается буферными системами крови:

- Гемоглобиновая буферная система (составляет 75%) - обеспечивается гемоглобином. Гемоглобин действует в тканях как щёлочь, а в легких – как кислота.
- Карбонатная буферная система (20%) – представлена угольной кислотой (H₂CO₃) и её солями. С деятельностью этой системы связано выделение углекислого газа лёгкими, что обеспечивает мгновенное восстановление нормального pH крови.
- Фосфатная буферная система – состоит из натрия дигидрофосфата и натрия гидрофосфата. Первое соединение ведёт себя как слабая кислота, второе – как слабая щёлочь.
- Белковая буферная система обеспечивается белками плазмы, обладающими амфотерными свойствами (с кислотами вступают в реакцию как щёлочи, с основаниями – как кислоты).

Мощность буферных систем у разных видов животных неодинакова. Особенно велика она у животных, биологически приспособленных к напряженной мышечной работе (у лошадей).

В результате обмена веществ образуется больше кислых продуктов и существует опасность сдвига pH крови в кислую сторону. Буферные системы поддерживают высокий щелочной резерв крови, который нейтрализует кислые продукты, скапливающиеся в результате высокой мышечной деятельности. Реакция крови

может нарушаться и тогда возникает **ацидоз** – сдвиг рН в кислую сторону или **алкалоз** – сдвиг рН в щелочную сторону.

3. ВОПРОС

Кроветворение (гемопоз) – процесс размножения, дифференцировки и созревания клеток крови.

К центральным органам кроветворения относят красный костный мозг (**ККМ**), тимус, фабрициеву сумку (у птиц). К периферическим – лимфатические узлы и селезёнка (размножаются поступающие из центральных органов Т- и В-лимфоциты, реализуется иммунологическая защита, уничтожаются отжившие клетки крови).

В фабрициевой сумке образуются В-лимфоциты.

ККМ – центральный орган кроветворения, в котором из стволовых (полипотентных) клеток образуются Э, гранулоциты, моноциты, В-лимфоциты, предшественники Т-лимфоцитов, **КП** (тромбоциты), антигеннезависимая дифференцировка В-лимфоцитов. В **ККМ** клетки размножаются митозом беспрерывно и поступают в кровь. В **ККМ** разрушаются старые и дефектные Э.

Тимус (зобная железа) – также центральный орган кроветворения. Тимус развивается и функционирует только у молодых животных. С наступлением половой зрелости происходит его инволюция. В нём происходит антигеннезависимая дифференцировка Т-лимфоцитов, которые с кровотоком попадают в периферические органы кроветворения. Кроме лимфоцитов в тимусе имеются очаги миелоидного кроветворения.

Лимфатические узлы расположены по ходу лимфатических сосудов. В них происходит антигензависимое размножение и дифференцировка Т- и В-лимфоцитов, образование макрофагов, очищение лимфы от чужеродных агентов и формирование иммунного ответа.

Селезёнка – важный кроветворный и защитный орган. В ней происходит антигензависимое размножение и дифференцировка Т- и В-лимфоцитов, образование моноцитов, уничтожение старых Э и **КП** (тромбоцитов). Селезёнка выполняет функцию депо крови (до 16%).

В регуляции кроветворения участвуют нервные и гуморальные механизмы. Нервная система оказывает прямое влияние на процессы кроветворения через вегетативную нервную систему (симпатическая нервная система стимулирует кроветворение, а парасимпатическая – угнетает).

Помимо ЦНС на кроветворение влияют и гуморальные факторы. Под воздействием нервных импульсов в тканях кроветворных органов образуются гормоны *гемопоэтины*, определяющие их дифференцировку (эритропоэтины, лейкопоэтины, тромбоцитопоэтины) и их ингибиторы (подавляют их выработку).

Для полноценного эритропоэза необходимо достаточное содержание в кормах белков, аминокислот, витаминов С, В₂, В₆, В₁₂, фолиевой кислоты, железа, меди, магния, кобальта (входят в состав гемоглобина или ферментов, участвующих в его синтезе). Продукты распада **Л** стимулируют образование новых клеток того же класса. Поэтому чем больше их разрушается в ходе защитных реакций, тем больше новых **Л** выходит из кроветворных органов в кровь.

У здоровых животных поддерживается постоянное число клеток крови, но при различных физиологических состояниях или при внешних воздействиях в организме может изменяться концентрация отдельных клеток или их соотношение.

4. ВОПРОС

Свёртывание крови – её переход из жидкого состояния в желеобразный сгу-

сток – **тромб**. Скорость свертывания крови: у КРС – 5-6 мин, МРС – 2-2,5 мин, лошадей – 8-10 мин, свиней – 10-15 мин, птиц – 0,5-2 мин (у человека – в течение 4 мин).

Свёртывание крови – важная защитная реакция организма, препятствующая кровопотере. В её основе лежит физико-химический процесс превращения белка плазмы фибриногена в нити фибрина, образующих сеть, в которой задерживаются клетки крови.

Свёртывание крови проходит 3 фазы:

1) Образование протромбиназы. При повреждении стенок кровеносных сосудов, **КП** и **Э** из них выделяется фермент – **тромбопластин**, который превращается в фермент **протромбиназу**.

2) Образование тромбина. Протромбиназа адсорбирует на своей поверхности неактивный фермент плазмы **протромбин**, превращая его в – **тромбин**.

3) Образование фибрина. Тромбин превращает белок плазмы фибриноген в нерастворимые нити фибрина.

Каждая фаза проходит при участии **факторов плазмы крови** и ионов Ca^{2+} .

Таким образом, формируется тромб, который закрывает повреждение сосуда. После образования тромб уплотняется (ретракция) и стягивает края раны.

После формирования тромба начинается **фибринолиз** – расщепление фибрина, составляющего основу тромба. Функция фибринолиза состоит в восстановлении просвета закупоренного тромбом сосуда. Расщепление фибрина осуществляется ферментом **плазмином** (находится в плазме в виде неактивного фермента – **плазминогена**).

Противосвертывающая система. Кровь имеет все компоненты для свертывания, однако остается жидкой. Свертыванию крови препятствует противосвертывающая система: антитромбопластины, антитромбины, гепарин, отработанные факторы свертывания.

В норме свертывающая и противосвертывающая системы находятся в определенном равновесии, что препятствует свертыванию крови в сосудах. Их взаимодействие контролируют нервная и гуморальная системы.

Ускоряют свертывание крови высокая температура, ионы Ca^{2+} , боль, ярость, страх, адреналин, вазопрессин, серотонин, снижение функции противосвертывающей системы.

Замедляют свертывание – низкая температура, гладкая поверхность.

Нарушение свертывания крови вызывает кровоточивость, иногда со смертельным исходом. Оно может быть вызвано недостатком в организме одного или нескольких факторов свертывания крови, нарушением физиологической регуляции, недостатком витамина К, гемофилией.

5. ВОПРОС

Э содержат на **антигены (агглютиногены)**, а в плазме крови имеются **антитела (агглютинины)**. В зависимости от того, в каком сочетании кровь содержит агглютиногены в **Э** и агглютинины в плазме, её делят на группы.

Э с/х животных содержат большое количество антигенов, обозначаемых заглавными буквами латинского алфавита (А, В, С и т.д.). А вот антител в плазме крови мало или их нет. Поэтому о группах крови животных делают заключение только по антигенной характеристике **Э**.

У КРС определяется 100 антигенов, которые объединены в 12 систем, у свиней соответственно – 50 и 14, у МРС – 7 систем, у лошадей – 8, у кур – 14.

По группам крови у животных определяют генетические связи. Установлены связи групп крови с уровнем продуктивности и жизнеспособности.

При изучении наследования групп крови установлена важная закономерность: потомки могут иметь только такие факторы крови, которые есть хотя бы у одного из его родителей; если у потомка имеется хотя бы один фактор, которого нет ни у отца, ни у матери, это означает, что происхождение данного животного установлено неверно. Однако, у потомка совершенно не обязательно должны быть все факторы, имеющиеся у родителей; если родители являются гетерозиготными по каким-либо из факторов, эти антигены потомок может и не унаследовать.

Переливание крови от одного животного к другому удается лишь в случае их генетической близости. Только переливания крови животного от другого животного того же вида или стоящего очень близко оказывают благоприятное действие. Чем животные дальше стоят друг от друга, тем вреднее действие переливания, и иногда оно приводит к смерти.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 4

Тема: Физиология сердечно-сосудистой системы

План лекции:

1. Строение сердца и свойства сердечной мышцы.
2. Проводящая система сердца.
3. Фазы работы сердца.
4. Кровяное давление и его регуляция.
5. Нервно-гуморальная регуляция работы сердца.

1. ВОПРОС

К сердечно-сосудистой системе относятся сердце и кровеносные сосуды. Она обеспечивает нагнетание крови в сосуды, поддержание кровяного давления и перераспределения объёма крови между органами для поддержания необходимого уровня обмена веществ и деятельности органов. Также сердце обеспечивает постоянное кровяное давление и поддерживает разницу давления крови в начальных и конечных отделах большого и малого кругов кровообращения. Движение крови по сердцу и сосудам называется *кровообращением*.

Сердце – полый мышечный орган конусообразной формы, разделённый перегородкой на правую и левую половины. Каждая половина состоит из предсердия и желудочка, между которыми имеется *атриовентрикулярное* отверстие. Оба отверстия снабжены клапанами, образованными створками (*створчатými*). Клапаны открываются только в сторону желудочков, удерживаются полусухожильными нитями, связанными с сосочковыми мышцами. Между левыми предсердием и желудочком находится **двухстворчатый** клапан и соответственно между правыми – **трёхстворчатый**.

У выхода аорты из левого желудочка и ствола легочных артерий из правого желудочка располагаются *полулунные (кармашковые)*, клапаны, которые также открываются только в одну сторону, пропуская кровь из желудочков в аорту и легочную артерию.

Основная ткань сердца – **миокард**, образованный поперечнополосатой сердечной мышечной тканью. Различают два типа сердечных мышечных волокон:

1) Волокна *рабочего миокарда*, обеспечивающие сократительную функцию (их структура и принцип сокращения те же, что и у скелетных мышц, но сердечные мышечные волокна соединяются друг с другом через вставочные диски и образуют единую сеть (*функциональный синтиций*), что способствует быстрому распространению возбуждения по всему миокарду).

2) Волокна *проводящей системы (атипичные)* – способные к периодической самогенерации ПД (НИМ), обладают высокой скоростью проведения возбуждения, которое передают рабочим волокнам (обеспечивают автоматию). Атипичные волокна крупнее, богаче саркоплазмой с высоким содержанием гликогена. В них мало миофибрилл и митохондрий, зато обильно снабжены капиллярами и вегетативными нервными волокнами.

Снаружи сердце покрыто **перикардом** Внутренний (серозный) слой перикарда образует два листка: *висцеральный – эпикард* (покрывает миокард, срастаясь с ним) и *париетальный* – прилегает к наружному (фиброзному) слою, формируя *околосердечную сумку*. Пространство между листками – *перикардальная полость*, заполнена серозной жидкостью. Изнутри полость сердца выстлана **эндо-**

кардом (соединительная ткань, покрытая эндотелием), который формирует створчатые и полулунные клапаны.

Свойства сердечной мышцы

Миокард обладает теми же свойствами, что и поперечнополосатые скелетные мышцы (возбудимость, проводимость и сократимость), но отличается от них рядом специфических особенностей:

- автоматия,
- сокращение максимальной силы на раздражение пороговой силы,
- воспроизведение разного ритма возбуждений в синусно-предсердном узле,
- повышение силы сокращений при увеличении частоты сокращений,
- повышение силы сокращений по мере увеличения степени растяжения,
- более длительный рефрактерный период,
- преобладание аэробных процессов.

2. ВОПРОС

В отличие от них скелетных мышц, сокращение которых происходит под действием импульсов, поступающих из ЦНС, сокращения миокарда возникают автоматически.

Автоматия сердца – способность миокарда ритмично сокращаться и расслабляться независимо от внешних воздействий, а лишь благодаря импульсам, возникающим в самом сердце.

Автоматия обусловлена проводящей системой сердца, обеспечивающей последовательные сокращения и расслабления предсердий и желудочков. Особенностью проводящей системы сердца является способность генерировать возбуждение. Она представлена:

1. Синусно-предсердный узел (СПУ) – расположен в правом предсердии возле устья полых вен. В нём рождаются электрические импульсы, которые быстро распространяются по межузловым волокнам в миокарде обоих предсердий, а затем идут ко второму узлу.

2. Предсердно-желудочковый узел (атриовентрикулярный) – находится в межпредсердной перегородке на границе предсердий и желудочков.

3. Пучёк Гисса – к нему импульсы идут от атриовентрикулярного узла. Он разделяется на левую и правую ножки, проводящие импульсы соответственно в левый и правый желудочки. В желудочках ножки ветвятся на **волокна Пуркинье**, полностью охватывающие желудочки, вызывая их сокращение.

Ведущим узлом (водителем ритма) проводящей системы является **синусно-предсердный узел**, который задает ритм работы сердца.

Самая высокая скорость проведения возбуждения в **СПУ**. Автоматия атриовентрикулярного узла выражена слабее, она подавляется деятельностью **СПУ** и проявляется только идущими от **СПУ** импульсами. Еще слабее автоматия пучка Гисса. Подавление **СПУ** автоматии других отделов проводящей системы обеспечивают нормальную ритмическую деятельность сердца.

3. ВОПРОС

Сердечный цикл (СЦ) – последовательное сокращение (**систола**) предсердий и желудочков с последующим их расслаблением (**диастола**). Время **СЦ** зависит от числа сердечных сокращений в минуту в состоянии относительного покоя. Сердце КРС сокращается 50–80 (в среднем 75) раз в 1 мин. Это значит, что весь сердечный цикл продолжается около 0,8 с (60:75). Систола предсердий длится

0,1с, а желудочков – 0,3 с. Расслабление предсердий – 0,7 с, а желудочков – 0,5 с.

СЦ протекает в три фазы:

- 1. Фаза – систола предсердий и диастола желудочков (открываются створчатые клапаны кровь из предсердий поступает в желудочки, а обратному её току препятствует сокращение кольцевых мышц в устьях полых вен);*
- 2. Фаза – диастола предсердий и систола желудочков (створчатые клапаны закрыты, что препятствует обратному току крови в предсердия);*
- 3. Фаза – общая диастола – период от начала расслабления желудочков до закрытия полулунных клапанов (створчатые клапаны ещё закрыты).*

К концу 3 фазы давление в желудочках становится ниже, чем в предсердиях, открываются створчатые клапаны, кровь из предсердий опять поступает в желудочки и всё повторяется.

Частота сердечных сокращений у лошадей – 24–42, у МРС – 70–80, свиней – 60–90, у птиц – 120–200 раз в 1мин (у человека – 60–80 раз в 1мин).

Движение крови по сердцу. При расслаблении предсердий и желудочков кровь поступает в их полости (предсердий и желудочков) из полых и легочных вен. При сокращении предсердий в них повышается давления крови до 5–12 мм рт. ст. и дополнительный объём крови перемещается в желудочки. При сокращении желудочков в них также повышается давление крови до 150–180 мм рт. ст. (в левом) и 30 мм рт. ст. (в правом), что приводит к закрытию створчатых клапанов и изгнанию крови из желудочков в аорту и легочную артерию. При этом лепестки полулунных клапанов током крови прижимаются к стенке сосудов. Расслабление желудочков ведёт к понижению в них давления. При этом кровь из аорты и легочной артерии устремляется к ним, ударяет в створки полулунных клапанов и обеспечивает их закрытие. Во время диастолы предсердий и желудочков 70 % объёма крови из вен притекает в предсердия и затем в желудочки, а 30 % объёма подкачивается при систоле предсердий.

4. ВОПРОС

Кровяное давление (КД) – сила, с которой кровь давит на стенки сосудов. В здоровом организме оно относительно постоянно, что имеет важное значение для обмена веществ, секреции и экскреции. На величину КД оказывают влияние работа сердца, величина просвета сосудов, количество и вязкость крови, вид животного, возраст, пол, живая масса и др.

КД неодинаково в разных участках сосудистой системы и служит одним из показателей функционального состояния организма. Оно максимально в аорте и крупных артериях, снижается в мелких артериях, артериолах, капиллярах и венах, падает ниже атмосферного в полых венах. Соответственно различают **артериальное, капиллярное и венозное** КД. Артериальное КД колеблется в зависимости от фазы сердечного цикла, в связи с чем различают **систолическое (максимальное)** и **диастолическое (минимальное)** КД. Разность между систолическим и диастолическим давлением называют **пульсовым давлением**, которое пропорционально количеству крови, выбрасываемой сердцем при каждой систоле.

КД определяют на артериях посредством измерения разности между давлением крови и атмосферным давлением и выражают в мм ртутного столба. Есть 2 способа:

1. Прямой (кровеный) – в артерию вводят иглу или канюлю, соединённую с манометром.
2. Непрямой (косвенный, метод Короткова) – прослушивание звуков пульсирующей крови в сосудах сжатых манжетой.

С/х животным манжету накладывают на корень хвоста (*хвостовая артерия*) или на запястье (*запястная артерия*). У с/х животных в среднем артериального КД составляет: систолическое – 135 мм рт. ст., диастолическое – 75 мм рт. ст.

Артериальное давление изменяется при различных болезнях. Патологическое понижение артериального давления называют гипотонией, повышение – гипертонией.

В механизме регуляции величины кровяного давления принимают участие те же факторы, что и в регуляции работы сердца и просвета кровеносных сосудов. Блуждающие нервы и ацетилхолин снижают уровень кровяного давления, а симпатические и адреналин – повышают. Важная роль принадлежит и рефлексогенным сосудистым зонам.

5. ВОПРОС

Деятельность сердца регулируется нервной и эндокринной системами. Несмотря на автоматизм, на работу сердца влияют и внесердечные факторы.

Рефлекторная (нервная) регуляция осуществляется вегетативной нервной системой. От рецепторов, расположенных в самом сердце и сосудах – *рецепторных зон* (дуга аорты, устье полых вен, мышц, внутренних органов, кожи). НИм поступают в НЦ, расположенные в продолговатом мозге, гипоталамусе, СМ и других отделах ЦНС. НЦ генерирует соответствующий поток НИм, задавая определённый ритм работы сердца.

Симпатические и блуждающие нервы оказывают на сердце противоположное влияние: симпатические – учащают и усиливают сокращения, повышают возбудимость и тонус миокарда, улучшают проводимость, а блуждающие – противоположный эффект.

Гуморальная регуляция осуществляется с помощью БАВ (гормоны, медиаторы, электролиты, метаболиты). В отличие от нервной, она действует гораздо медленнее. Усиливают сердечную деятельность адреналин (гормон мозгового вещества надпочечников), глюкагон (гормон поджелудочной железы), кортикостероиды (гормоны коркового вещества надпочечников), тироксин, трийодтиронин (гормоны щитовидной железы), простагландины, ионы Са и Na. Угнетают – инсулин, ацетилхолин (медиатор парасимпатической нервной системы), ионы К и водорода (H⁺). Накопление метаболитов в миокарде также угнетает работу сердца.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 5

Тема: Физиология дыхания

План лекции:

1. Сущность дыхания, механизм вдоха и выдоха.
2. Газообмен в лёгких.
3. Газообмен в тканях.
4. Регуляция дыхания.
5. Особенности дыхания у птиц.

1. ВОПРОС

Дыхание – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм O_2 , удаление CO_2 и поддержание оптимального для метаболизма газового состава организма. Различают **внешнее дыхание (обмен между газами внешней среды и лёгких)** и **тканевое дыхание** (обмен газов между кровью и тканями). Снабжая организм O_2 и отводя избытки CO_2 , органы дыхания поддерживают гомеостаз.

Воздухоносные пути проводят воздух в лёгкие. При этом воздух увлажняется, согревается или охлаждается, очищается от пыли и микроорганизмов. Большая часть их слизистой оболочки представлена мерцательным эпителием и покрыта слизью. Воздух контактирует со слизью (содержит лизоцим) и к ней прилипают частицы из воздуха и микробы. Реснички колеблются по направлению движения вдыхаемого воздуха (а в трахее и бронхах – по направлению выдыхаемого), изгоняя вместе со слизью инородные частицы. Воздух в лёгких, практически стерилен, насыщен водяными парами и согрет до температуры тела. Чужеродные частицы, попавшие в лёгкие, перевариваются альвеолярными макрофагами.

В глубине верхнего носового хода обонятельный лабиринт покрыт обонятельным эпителием (анализ вдыхаемого воздуха).

Лёгкие – парные органы, обеспечивающие газообмен между воздухом и кровью. Функциональная единица лёгких – **ацинус** – дыхательная бронхиола, переходящая в альвеолярные ходы, заканчивающиеся альвеолярными мешочками. Один ацинус содержит 400–600 альвеол. Альвеолы имеют полушаровидную форму и очень тонкую стенку (однослойный эпителий, лежащий на базальной мембране). Снаружи они густо оплетены капиллярами. Их внутренняя поверхность покрыта плёнкой – **сурфактантом** (препятствует слипанию их стенок при выдохе). Ацинусы образуют губчатую массу лёгких и составляют 90 % от их объёма.

Лёгкие в грудной полости всегда в слегка растянутом состоянии. Во время вдоха их растяжение резко увеличивается, а при выдохе – уменьшается. Грудная полость – герметична. Изнутри она выстлана плеврой, состоящей из двух листков: **париетального** (покрывает грудную полость) и **висцерального** (покрывает лёгкие). Между листками имеется узкое пространство – **плевральная полость**, заполненная жидкостью. В ней – отрицательное давление (ниже атмосферного), а в альвеолах – равно атмосферному, что и обеспечивает расширение лёгких.

Объём воздуха, выдыхаемого в покое называют **дыхательным воздухом** (например, у лошадей – 5-6 л). Объём воздуха, дополнительно выдохнутый после дыхательного, называют **дополнительным воздухом** (например, у лошадей – 10-12 л). Максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после самого

глубокого вдоха называют **ЖЁЛ** – *жизненной ёмкостью лёгких* (у лошадей – 26-30 л, у КРС – 30-35 л). Даже при максимальном выдохе лёгкие никогда полностью не освобождаются от воздуха и не спадаются (растяжение альвеол вследствие «-» давления в грудной полости). В них ещё остаётся немного воздуха – *остаточный объём*. ЖЁЛ и остаточный воздух составляют *общую ёмкость лёгких*. Величина ЖЁЛ может значительно уменьшиться при некоторых болезнях, что приводит к нарушению газообмена.

Деятельность системы дыхания характеризуют определённые внешние показатели.

Различают 3 типа дыхания:

- **грудной (рёберный)** – работают только мышцы вдохатели и грудная стенка,
- **брюшной (диафрагмальный)** – работают мышцы выдыхатели и диафрагма,
- **смешанный (рёберно-брюшной)** – работают вдохатели и выдыхатели (у с/х животных).

Частота дыхания – количество дыхательных движений в минуту (КРС – 10–30, МРС – 16–30, лошади 8–16, свиньи – 15-20, с/х птица – 12–30). Она зависит от: вида животного, массы, возраста, температуры тела и внешней среды, газового состава воздуха, продуктивности и др.

М е х а н и з м в д о х а и в ы д о х а

Внешнее дыхание обеспечивается фазами вдоха и выдоха. **При вдохе** увеличивается объём грудной клетки за счёт сокращения мышц вдохателей, поднятия рёбер и смещения диафрагмы в брюшную полость. При этом снижается давление в грудной полости и лёгких, и воздух поступает в лёгкие. **Выдох** обычно происходит пассивно. Объём грудной клетки уменьшается (расслабляются вдохатели, опускаются рёбра, внутренности смещают диафрагму в грудную полость), давление воздуха в лёгких повышается и воздух из них выходит наружу. Но при форсированном выдохе обязательно сокращаются выдыхатели. Вдох совершается быстрее, чем выдох.

В механизме вдоха и выдоха большое значение имеет *эластическая тяга лёгких* – постоянное их стремление уменьшить свой объём. Она обусловлена наличием эластических волокон в стенке альвеол и поверхностным натяжением сурфактанта (2/3 от эластической тяги).

2. ВОПРОС

Обмен газов (O_2 и CO_2) в лёгких между альвеолярным воздухом и кровью происходит вследствие разности их парциального давления. Концентрация O_2 в альвеолярном воздухе выше, чем в венозной крови и он по закону диффузии и осмоса легко переходит из альвеол в кровь (*кровь становится артериальной*). Концентрация CO_2 гораздо выше в венозной крови, чем в альвеолярном воздухе и он, опять же по закону диффузии и осмоса, переходит из крови в альвеолы. Газообмену в лёгких способствует большая поверхность альвеол, а также тонкие стенки их и капилляров.

O_2 транспортируется кровью в растворённом виде и в соединении с **Нв** (оксигемоглобин). В плазме артериальной крови содержится очень мало растворённого O_2 (0,3 мл на 100 мл крови). Основную его часть переносят Э. Количество O_2 в 100 мл артериальной крови называется *кислородной ёмкостью крови*. Она зависит от содержания **Нв** в крови. Известно, что 1 г **Нв** может связать 1,34 мл O_2 . Например, у лошадей, при содержании **Нв** в крови 14 г/100 мл, кислородная ёмкость крови составляет 18,8 об.% (1,34 • 14).

На уровне моря **Hb** практически полностью насыщается O_2 . В условиях высокогорья (низкое атмосферное давление) снижается парциальное давление O_2 и кислородная ёмкость крови. На содержание O_2 в крови влияет и температура крови – с её повышением (как и температуры тела) кислородная ёмкость снижается.

3. ВОПРОС

Принцип тканевого дыхания аналогичен внешнему. В артериальной крови концентрация O_2 , выше, чем в тканевой жидкости и клетках. Поэтому оксигемоглобин отщепляет O_2 , который переходит сначала в тканевую жидкость, а затем и в клетки тканей. O_2 используется на окисление органических соединений с образованием CO_2 . Концентрация CO_2 в тканях возрастает и становится выше, чем в крови. По тому же принципу из клеток выделяется CO_2 и поступает в тканевую жидкость, а затем в кровь (*кровь становится венозной*).

Ткани потребляют 40 % O_2 , содержащегося в артериальной крови, а при усиленной мышечной работе потребление O_2 достигает 50–60 %. Однако, ткани и органы имеют разную потребность в O_2 . Активнее его поглощают головной мозг, печень, сердце, почки. Меньше потребляют O_2 в состоянии покоя клетки крови, скелетные мышцы, селезёнка. При нагрузке потребление O_2 возрастает. А чем больше клетки потребляют O_2 , тем больше образуется CO_2 и воды.

CO_2 транспортируется в растворённом виде, в соединении с **Hb** (карбогемоглобин) и в виде бикарбонатов. Поступающий из тканей CO_2 незначительно растворяется в плазме крови. Также он проникает в Э, вытесняет из оксигемоглобина O_2 , соединяется с **Hb** (карбогемоглобин). Фермент Э карбоангидраза ускоряет соединение CO_2 с водой и образование угольной кислоты (H_2CO_3), а она распадается на ионы водорода (H^+) и гидрокарбонат анионы (HCO_3^-). Последние переходят в плазму крови, где соединяется с NaCl или KCl, образуя соли угольной кислоты – бикарбонаты натрия и калия ($NaHCO_3$, $KHCO_3$).

Таким образом, CO_2 находится в крови в трёх формах: растворенной, карбогемоглобина и бикарбонатов, но через лёгкие удаляется только в форме CO_2 .

4. ВОПРОС

Регуляция дыхания сводится к поддержанию оптимального содержания O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе и в крови путём изменения частоты и глубины дыхательных движений. Частота и глубина дыхательных движений регулируется дыхательным центром (ДЦ), расположенном в продолговатом мозге. Возбуждение ДЦ вызывается как рефлекторно (НИМ, поступающими к нему из лёгких, рецепторов аорты, сонной артерии, альвеол и других разнообразных экстеро- и интерорецепторов), так и гуморально – химическими веществами, приносимыми к нему кровью (углекислота и др.). Во время отрыгивания корма жвачные рефлекторно задерживают выдох, а при глотании у многих из них прекращается вдох.

В регуляции частоты главная роль принадлежит центру вдоха. В единицу времени в нём возникают НИМ, определяя частоту дыхания. Они идут к мышцам вдыхателям, вызывая вдох, соответствующей сложившимся условиям длительности и глубины. Количество НИМ зависит от его возбудимости (чем она выше, тем чаще образуются НИМ).

Регуляция смены вдоха и выдоха осуществляется рефлекторно. Возбуждение, возникшее в центре вдоха, обеспечивает сам вдох. При вдохе растягиваются лёгкие и раздражаются механорецепторы альвеол. НИМ идут от них в центр выдоха, возбуждая его. Возбуждаясь, нейроны центра выдоха тормозят

центр вдоха и вдох прекращается. От центра выдоха НИм идут к мышцам выдыхателям и происходит выдох. Объём лёгких уменьшается, раздражаются рецепторы альвеол, возникает НИм и идут в центр вдоха, т.е. процесс аналогично повторяется.

Количество и сила НИм, поступающих из центра вдоха зависят от специфики обмена веществ. Избыток в крови и альвеолярном воздухе CO_2 и недостаток O_2 , усиление потребления O_2 и образования CO_2 в мышцах или органах повышают возбудимость ДЦ, повышают частоту возникновения НИм и, соответственно, учащают и усиливают дыхание.

И наоборот, избыток в крови и альвеолярном воздухе O_2 замедляет силу и частоту дыхания.

5. ВОПРОС

В отличие от млекопитающих, у птиц имеется ряд морфологических и функциональных особенностей дыхания.

Физиологические особенности дыхания у птиц определяются особенностями строения их дыхательного аппарата (в частности, наличием воздухоносных мешков (ВМ)) и касаются только механизмов внешнего дыхания. Благодаря ВМ, у птиц, в отличие от животных, возможно **двойное дыхание**. Смысл его в том, что при вдохе воздух, проходя через лёгкие, первый раз отдаёт O_2 и принимает CO_2 . Далее он поступает в ВМ (выполняют роль резервуаров, объём воздуха в них в 10 раз больше, чем ёмкость лёгких). Газообмен в них не происходит. При выдохе воздух, выходя из воздухоносных мешков, опять проходит через лёгкие, где второй раз происходит газообмен. Воздух в ВМ охлаждает тело птицы, облегчают полет (у водоплавающих – плавание).

Газообмен в лёгких, тканях и механизм регуляции дыхания у птиц и млекопитающих аналогичны. Однако, у птиц большое значение имеет **миоглобин**, находящийся в мышцах. В отличие от **Hb** он может отдавать до 70% O_2 при таком его низком содержании в крови, при котором **Hb** уже не отщепляет O_2 .

Птицы очень чувствительны к CO_2 и иначе реагируют на повышение его содержания в воздухе (допустимое повышение не более 0,2 %). Превышение этого уровня вызывает торможение дыхания, гипоксию (низкое содержание O_2 в крови), снижение продуктивности и резистентности.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 6

Тема: Физиология пищеварения. Пищеварение в однокамерном желудке

План лекции:

1. Пищеварение, основные функции органов пищеварения.
2. Пищеварение в полости рта.
3. Пищеварение в однокамерном желудке.
4. Особенности желудочного пищеварения свиней и лошадей.

1. ВОПРОС

Пищеварение – физиологический процесс превращения питательных веществ (ПВ) корма из сложных химических соединений в более простые, доступные для всасывания и усвоения организмом.

Принятие пищи вызывается *чувством голода*, обусловленным повышением возбудимости пищевого центра, как гуморальными факторами (наличием в крови глюкозы, аминокислот, жирных кислот и других метаболитов), так и рефлекторно (раздражение различных рецепторов ЖКТ). При этом происходит сильное возбуждение ЖКТ, усиливаются его секреторная и двигательная функции, изменяется поведение животных (поиск пищи).

У высших животных пищеварение происходит в системе органов, именуемой пищеварительным трактом, выполняющим сложную функцию – внеклеточное пищеварение.

Переваривание ПВ ферментами, локализованными на структурах клеточной мембраны, слизистых оболочек желудка и кишок называется мембранным или пристеночным пищеварением.

Основные функции органов пищеварения:

1. Рецепторная – оценка качества поступившего корма.
2. Моторная (двигательная) – прием, жевание, перемешивание, глотание, продвижение по ЖКТ корма и выделение фекалий.
3. Всасывательная – поступление переваренных ПВ в кровь.
4. Секреторная – выработка пищеварительных соков, содержащих ферменты.
5. Инкреторная – выработка пищеварительными железами БАВ.
6. Экскреторная (выделительная) – выведение из организма продуктов обмена веществ.

2. ВОПРОС

Пищеварение в полости рта включает 4 этапа: измельчение и увлажнение и корма; начальный гидролиз углеводов; оформление пищевого кома; глотание.

При жевании корм раздавливается между поверхностями коренных зубов. Жевание – рефлекторный акт. При раздражении кормом рецепторов ротовой полости возникает возбуждение, которое передается в центр жевания (продолговатый мозг), а от него – к жевательным мышцам. С измельчением грубых частиц корма раздражение рецепторов уменьшается и, соответственно, слабеет частота и сила жевательных движений. На жевание животные затрачивают 22–60 жевательных движений.

Ротовое пищеварение происходит при участии слюны. **Слюна** – продукт секреции слюнных желез – вязкая жидкость щелочной или слабощелочной реакции (рН 7,2–8,5), содержащая 98–99,5 % воды и 0,5–2 % сухих веществ. Органические вещества представлены в основном белками (особенно **муцином**) и ферментами – амилаза (у свиней – птиалин) и мальтаза. Имеются также минеральные вещества и продук-

ты обмена веществ. В ротовой полости превращается небольшое количество углеводов – крахмал и мальтоза. Под действием амилазы крахмал расщепляется до мальтозы, а она под действием мальтазы гидролизуется до глюкозы, которая частично всасывается в ротовой полости. Ферменты слюны активны только в слабощелочной среде. Слюна, смачивая корм, облегчает жевание; извлекает из корма вкусовые вещества; посредством муцина склеивает и обволакивает пищевой корм, облегчая глотание; регулирует кислотно-щелочное равновесие (нейтрализует кислоты желудка); обладает бактерицидным действием (лизоцим); принимает участие в терморегуляции организма (посредством слюноотделения животное освобождается от излишней тепловой энергии).

У лошади слюна выделяется периодически, только при приёме корма (40 л в сутки, рН 7,6). Слюна больше отделяется железами той стороны, где происходит жевание. В слюне мало ферментов и расщепление углеводов происходит в основном за счет ферментов корма. У жвачных околушная железа секретирует непрерывно, а подчелюстная и подъязычная железы отделяют слюну периодически. Слюна не содержит ферментов. (КРС – до 190 л, МРС – до 10 л в сутки, рН 8–9). У свиней, как и у лошадей, слюна выделяется периодически при приёме корма (15 л в сутки, рН 8,1–8,7). Она содержит ферменты птиалин и мальтазу.

Слюноотделение сложнорефлекторное и происходит под действием безусловного и условного рефлексов. В первом случае при раздражении кормом рецепторов ротовой полости возникает возбуждение, которое передается в центр слюновыделения (продолговатый мозг), а затем в таламус, гипоталамус и кору ГМ). Ответная реакция по симпатическим и парасимпатическим нервам поступает к слюнным железам. Во втором слюна выделяется до раздражения рецепторов ротовой полости при виде и запахе корма, определенном времени кормления и др. Раздражаются рецепторы анализаторов и от них возбуждение поступает в кору ГМ, затем в гипоталамус, затем в продолговатый мозг и от него к слюнным железам. Раздражение рецепторов желудка и кишечника может возбуждать или тормозить слюноотделение. Также влияют на выделение слюны гормоны гипофиза, щитовидной, поджелудочной и половых желез.

Глотание – сложнорефлекторный акт, обеспечивающий попадание корма из ротовой полости в пищевод. Оно может осуществляться только при раздражении рецепторов слизистой корня языка и мягкого неба кормом или слюной. Возбуждение идет в продолговатый мозг (центр глотания), а от него – к мышцам глотки, гортани и пищевода. При глотании мягкое небо закрывает хоаны, а надгортанник – гортань и открывается верхний пищеводный сфинктер. Центр глотания связан с другими центрами продолговатого мозга, поэтому при глотании тормозится дыхательный центр (задержка дыхания).

3. ВОПРОС

В слизистой оболочке желудка много желез, вырабатывающих желудочный сок. Они состоят из 3 видов клеток – *главных*, *обкладочных* и *добавочных*. Слизистая делится на 3 секреторные зоны – *кардиальная* (с железами из добавочных клеток), *фундальная* (из главных, обкладочных и добавочных) и *пилорическая* (из главных и добавочных). Фундальные железы занимают 2/3 поверхности слизистой желудка. Главные клетки вырабатывают ферменты, обкладочные – соляную кислоту (HCl), добавочные – слизь. **Желудочный сок** – бесцветная, прозрачная жидкость кислой реакции (рН 0,8–1,2), которая обусловлена наличием в нем HCl. В состав неорганической части сока входят минеральные вещества. Органическая часть сока представлена белками, амино-

кислотами, ферментами, мочевиной, мочевой кислотой. В желудочном соке содержатся ферменты:

- **Протеазы (пепсины):** *Пепсин* – расщепляет большинство белков; *Желатиназа* – разжижает желатин и действует на белки соединительной ткани; *Химозин (реннин)* – действует в присутствии ионов Са на *казеиноген* молока, переводя его в *казеин* с образованием творожистой части и сыворотки молока. Они активизируются в пепсины под влиянием HCl (отщепляется блокирующий белок) из неактивных проферментов – пепсиногенов. Пепсины активны только в кислой среде, создаваемой HCl.
- **Липаза** – расщепляет эмульгированные жиры на глицерин и жирные кислоты.
- **Уреаза** – расщепляет мочевину до аммиака, нейтрализующего HCl.
- **Лизоцим** – обладает антибактериальным свойством.

Кроме сока, в желудке вырабатывается слизь, обладающая щелочной реакцией (рН 7,8–8,4) – нейтрализует пепсины и защищает стенку желудка от самопереваривания.

Желудочный сок выделяется в три фазы: 1) сложнорефлекторную, 2) желудочную (нейро-гуморальную) и 3) кишечную (гуморальную).

Сложнорефлекторная. Она вначале связана с условнорефлекторными реакциями на раздражение зрительных, слуховых и обонятельных рецепторов, к которым затем присоединяются безусловнорефлекторные раздражения рецепторов ротовой полости при приеме и жевании корма. От них возбуждение поступает в продолговатый мозг в пищевой центр, а от него по блуждающему нерву – к железам желудка. Условнорефлекторные реакции происходят с участием пищевого центра коры ГМ, импульсы от которого также идут в продолговатый мозг. Секреция сока наступает через 1–2 мин после раздражения. Этот срок называется «аппетитным», так как он подготавливает желудок к приему корма и его перевариванию. В нем высокая концентрация HCl и ферментов.

На первую фазу наслаивается **желудочная** – на секрецию сока начинают влиять механические и химические факторы корма, а также гастрин и гистамин. Она наступает через 30–40 мин после начала приема корма (появляются первые продукты его расщепления) и длится 8–10 ч. Гастрин образуется в пилорической части желудка при участии HCl. Он стимулирует образование *гистамина* (БАВ, медиатор), стимулирующего желудочную секрецию.

Кишечная фаза начинается при поступлении частично переваренного пищевого кома в 12-пёрстную кишку и длится 1–3 ч. В её слизистой образуется гормон *энтерogaстрин* (аналог гастрина). Продукты переваривания пищи (особенно белки) после всасывания в кишечнике в кровь стимулируют желудочные железы, образование гастрина и гистамина. Кишечная фаза составляет до 1/3 желудочного сока секреторного цикла.

Благодаря сократительной функции мышц желудка пища подвергается механической обработке – перемешиванию с HCl, продвижению по желудку и в кишечник.

Поступление пищи в желудок сопровождается его растяжением и слабыми перистальтическими сокращениями. Со временем перистальтика усиливается, обеспечивая перемешивание верхнего слоя содержимого. Параллельно тонические сокращения способствуют пропитыванию содержимого желудочным соком. Систолические сокращения

изгоняют содержимое в кишечник. Двигательная функция желудка стимулируется механическими и химическими раздражениями рецепторов его слизистой. Блуждающие нервы усиливают, а симпатические тормозят моторику желудка. Гуморальными возбудителями моторики являются ацетилхолин, гастрин, гистамин, ионы К. Тормозят её – адреналин, норадреналин, гастрон, энтерогастрон и ионы Са.

4. ВОПРОС

Особенности у лошадей

1. Корм в желудке располагается послойно и сохраняется в таком виде несколько часов. Моторика желудка слабая.

2. Слюна способствует сохранению щелочной реакции содержимого в кардиальной и центральной частях. Содержимое, прилегающее к стенкам (особенно в фундальной и пилорической частях) пропитывается желудочным соком. Таким образом, в желудке одновременно перевариваются углеводы, белки и жиры.

3. Клетчатка не расщепляется (отсутствует целлюлозолитическая микрофлора).

4. Кислотность желудочного сока лошади низкая – 0,24 %.

5. В обычном режиме корм в желудке находится постоянно, что вызывает непрерывную секрецию желудочного сока. После приема корма она усиливается.

6. Переваривание и переход корма в 12-пёрстную кишку происходит медленно.

7. Вследствие близкого расположения пищеводного отверстия к пилорическому вода из желудка переходит в кишечник с первыми глотками (6–8 мин), не разжижая содержимое.

8. Особенности у свиней

1. Корм в желудке располагается послойно.

2. Кардиальная часть и дивертикул не имеют желез. Поэтому в верхних и средних слоях продолжается переваривание углеводов ферментами слюны и корма. В нижних, сразу после кормления, начинают перевариваться белки и жиры. Желудочный сок пропитывает корм с низу вверх.

3. Кислотность желудочного сока у свиней 0,35-0,45%.

4. Желудочный сок выделяется непрерывно в небольших количествах. Приём корма усиливает сокоотделение.

5. Корм в желудке свиней долго не задерживается и переход в кишечник начинается во время кормления или сразу после него. В течение 6-8 ч основная масса из желудка переходит в кишечник, а через 12 ч желудок пуст. Скорость эвакуации зависит от наполнения желудка (чем больше, тем быстрее).

6. У поросят-сосунов в желудочном соке отсутствует HCl.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.

2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.

3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 7

Тема: Пищеварение в многокамерном желудке

План лекции:

1. Преджелудки жвачных и роль микрофлоры в рубцовом пищеварении.
2. Жвачка и жвачные периоды.
3. Переваривание углеводов и белков в рубце.
4. Особенности пищеварения у молодняка жвачных.

1. ВОПРОС

Желудок у жвачных *многокамерный*, включает 3 преджелудка – **рубец**, **сетка**, **книжка** и собственно желудок – **сычуг**. Слизистая преджелудков не имеет пищеварительных желез. Она образует в рубце выступы – **сосочки**, в сетке складки – **ячейки**, в книжке складки – **листочки**.

Рубец – самый объёмный из преджелудков, представляет собой мощную бродильную камеру. Корм находится в нём достаточно долго, до тех пор, пока не достигнет определенного измельчения, и только тогда переходит в сетку.

Сетка – сортировочный орган (мелкие частицы корма из неё поступают в книжку, а крупные – обратно в рубец для дальнейшей обработки. **Пищеводный желоб (ПЖ)** – полузамкнутая трубка, образованная складками слизистой, идущая от пищевода по дну сетки до входа в книжку.

Книжка является своеобразным фильтром. **Между листочками** задерживаются плохо измельченные частицы корма, прошедшие через сетку. При сокращении книжки они измельчаются и в виде разжиженного содержимого переходят в сычуг.

В преджелудках переваривается до 70% ПВ корма без участия пищеварительных ферментов. Это связано с жизнедеятельностью многочисленной и разнообразной микрофлоры (МФ), попадающей в рубец вместе с пищей, которая способствует усвоению полисахаридов и простых небелковых азотистых веществ корма. Под действием МФ расщепляется 95% сахаров и крахмала, 70% клетчатки и 40–80% протеина. Формирование микрофлоры рубца начинается с приучения к растительным кормам (вторая неделя жизни). Развиваются в основном анаэробные микроорганизмы: бактерии, инфузории и грибки. Особенно много в рубце инфузорий. Видовой состав МФ зависит от характера корма и меняется при смене рациона. Поэтому для жвачных очень важен постепенный переход от одного рациона к другому, что дает возможность МФ приспособиться к характеру корма. Самая важная МФ рубца – целлюлозолитическая.

Бактерий около 150 видов. Их делят на следующие группы:

- **амилолитические** (расщепляют крахмал и мальтозу до янтарной, уксусной и муравьиной кислот),
- **протеолитические** (расщепляют белки до пептидов, аминокислот и аммиака),
- **липолитические** (расщепляют жиры до глицерина и жирных кислот),
- **целлюлозолитические** (расщепляют сложные углеводы до ди- и моносахаров)
- **молочнокислые** (расщепляют крахмал и сахар до молочной кислоты).

Симбионтные взаимоотношения разных видов бактерий позволяют им кооперироваться в использовании метаболитов одних видов бактериями другого вида.

Простейшие представлены реснитчатыми инфузориями (около 100 видов). Инфузории быстро размножаются и за сутки могут давать до пяти поколений. Они измельчают и разрыхляют частицы корма и клетчатку; ферментируют сахара; расщепляют крахмал с образованием летучих жирных кислот (ЛЖК) – уксусной, пропионовой и масляной кислот; участвуют в азотистом обмене.

Грибки рубца (дрожжи, плесени, актиномицеты) обладают целлюлозолитической активностью, сбраживают сахара, синтезируют гликоген, аминокислоты, витамины группы В.

МФ рубца расщепляет клетчатку и крахмал до простых сахаров, которые сбраживаются с образованием ЛЖК (в небольшом количестве ЛЖК образуются и при расщеплении белка); синтезирует витамины группы В и витамин К; расщепляет растительный протеин; синтезирует собственный полноценный белок из небелкового азота корма (мочевина и др). Её деятельность сопровождается образованием газов (СО₂, метан, азот и др.).

2. ВОПРОС

Жвачные глотают корм почти не прожёвывая. Пережёвывание происходит в перерыве между приёмами корма.

Жвачка (жвачный процесс) – отрывание принятого корма в рот, его жевание и повторное глотание. **Жвачный период** – время многократного пережевывания отрываемой рубцовой массы. Наличие жвачки – характерная особенность пищеварения жвачных.

Жвачка у КРС начинается через 30–70 мин, а у МРС – через 20–45 мин после приёма корма. Корм в рубце набухает и размягчается, что облегчает жевание. Начало жвачки зависит от характера корма и внешних условий. Грубый сухой корм задерживает её появление, а жидкий и вода – ускоряет. Жвачка начинается быстрее при полном покое у лежащего животного. Ночью чаще, чем днём. Беспокойство животного и высокая температура среды задерживают жвачку на 2 ч и более. В сутки бывает **6–8 жвачных периодов по 40–50 мин** каждый. При даче грубых кормов они продолжительнее, чем при поедании концентратов.

Отрыжка – дополнительное сокращение ПЖ и сетки, поднимающее её содержимое к кардиальному отверстию пищевода. Параллельно на выдохе останавливается дыхание и вдох следует при закрытой гортани. Давление в грудной полости резко падает и кормовая масса засасывается в пищевод. Затем дыхание восстанавливается и антиперистальтические сокращения пищевода продвигают пищевой ком в рот. Ком жуётся 20–60 с, затем глотается и смешивается с содержимым рубца.

Регуляция жвачки сложнорефлекторная. Возбуждение от рецепторов рубца, ПЖ и сетки передаётся в продолговатый мозг, где расположен центр жвачки. В регуляции жвачки также участвуют гипоталамус и участки коры ГМ. Из центра возбуждение по блуждающим нервам передаётся к мышцам, принимающим участие в отрыжке. Стимулирует отрыжку раздражение рецепторов сетки и ПЖ грубыми частями корма. Пережеванная масса идёт в книжку и сычуг. Раздражение их рецепторов тормозит жвачку.

3. ВОПРОС

Переваривание углеводов. Углеводы составляют 50–80% растительного корма. Это полисахариды (целлюлоза, крахмал, инулин) и дисахариды (сахароза, мальтоза, целлобиоза). Простые сахара также поступают с кормом и образуются в рубце, как промежуточный продукт ферментации при расщеплении полисахаридов.

Переваривание клетчатки в рубце происходит за счёт целлюлолитической симбионтной МФ. Инфузории, разрыхляя клетчатку, подготавливают её для воздействия бактериальных ферментов, которые затем её расщепляют вначале до **целлобиозы** и затем до **глюкозы**. Переваривание клетчатки достигает максимума через 10–12 ч. Интенсивность расщепления зависит от содержания в кормах лигнина и легкоусвояемых углеводов (крахмал). Чем их больше, тем медленнее переваривается клетчатка. **Крахмал** занимает второе место после клетчатки в углеводном питании жвачных. Он расщепляется до ди- и моносахаридов при участии инфузорий и бактерий. **Простые сахара** сбраживаются до ЛЖК – уксусной, пропионовой, масляной и жидких нелетучих. В рубце преобладает уксусная кислота. ЛЖК почти полностью всасываются в преджелудках и являются для организма животного источником энергии, а также используются для синтеза жира и глюкозы. Также, клетчатка является важным фактором, обеспечивающим нормальную моторику преджелудков.

Переваривание белка. Содержание белка в растительных кормах не велико (7%–30%). Это простые белки (альбумины, глобулины, гистоны) и сложные (фосфопротеиды, глюкотеиды, хромопротеиды). Белки, поступившие в рубец с кормом, расщепляются под действием протеолитических ферментов МФ рубца до пептидов, аминокислот, а затем до аммиака. Они используются МФ рубца для синтеза собственного белка. Аммиак в рубце всасывается в кровь, поступает в печень, где превращается в мочевины, которая частично выделяется с мочой, а частично со слюной. Значительная часть аммиака путем диффузии из крови через стенку рубца вновь возвращается в его полость и продолжает участвовать в азотистом обмене.

Основная часть белка корма (40–80 %) превращается в белок МФ, а остальной белок в неизменном виде поступает в сычуг и кишечник. В сутки у коров образуется 100–450 г биологически полноценного микробного белка. МФ рубца использует и небелковые азотистые вещества корма. Из рубца МФ с содержимым попадает в сычуг и кишечник, удовлетворяя потребность организма в витаминах и полноценном белке. За счет МФ жвачные удовлетворяют потребность в белке до **20–30%**.

4. ВОПРОС

У новорождённого молодняка жвачных желудочное пищеварение мало чем отличается от такового у животных с однокамерным желудком. Сычужный сок содержит ферменты пепсин, химозин и липазу (особенно много химозина). Однако, первые 48 ч жизни количество ферментов, необходимых для оптимального переваривания корма незначительно. Отсутствует жвачка. Преджелудки недоразвиты и по объёму меньше половины сычуга.

В молочный период важная роль принадлежит **ПЖ**. Он обеспечивает поступление молока в сычуг, минуя преджелудки. **ПЖ** – полузамкнутая трубка, образованная складками слизистой (губами), идущая от пищевода по дну сетки до входа в книжку. Во время питья сокращаются мышцы губ ПЖ, они смыкаются и образуют трубку (как продолжение пищевода). Смешанное со слюной молоко в сычуге образует рыхлый сгусток казеина и сыворотку. Сыворотка состоит из воды, минеральных веществ, лактозы и белков (включая антитела матери). Она переваривается и всасывается в тонком кишечнике и антитела попадают в кровь. ЖКТ новорождённых телят не покрыт слизистой, его выстилают **эмбриональные клетки**. Поэтому до 8–12 ч жизни антитела усваиваются хорошо (на 50%). Затем начинает формироваться слизистая, усвоение антител начинает снижаться и к 24–36 ч полностью прекращается. Через **20 мин** после приёма молока у телят появляется жажда, поэтому должно быть

предусмотрено поение телёнка водой после кормления. Сосательные движения усиливают смыкание ПЖ. Он смыкается полностью только если t° жидкости не ниже t° тела. Когда телёнок пьёт воду в ответ на жажду, она попадает в рубец, а не в сычуг. Смыкание ПЖ – рефлексорный акт, возникающий при раздражении рецепторов языка и глотки в момент глотания. НЦ находится в продолговатом мозге, от которого НИМ идут по блуждающим нервам.

Ёмкость ПЖ небольшая и жидкость течёт в сычуг **небольшими порциями**. При поении из ведра телята делают большие глотки и большие порции молока раздвигая губы ПЖ попадают в преджелудки. Там молоко загнивает, возникает функциональное расстройство пищеварения и токсикоз. Поэтому телят первые 1,5 недели жизни нужно поить из сосковой поилки. С 20–21-го дня телята начинают есть грубый корм и значение ПЖ сходит на нет. До 3 мес. возраста у телят происходит переход от сычужного пищеварения к таковому в преджелудках – «переходный период». К 6 мес. преджелудки полностью развиваются и пищеварение происходит как у взрослых животных.

Раннее стимулирование деятельности рубца имеет физиологическое и экономическое значение. Уже с 3–5 дня необходимо давать телятам качественные концентраты (цельное зерно кукурузы+стартерный комбикорм, 50:50). Чем раньше телята начнут потреблять концентраты, тем интенсивнее развиваются преджелудки (в частности рост и длина сосочков рубца), сильнее уровень ферментации в них, усваивается больше ПВ и, соответственно, выше продуктивность. При переваривании зерна образуются ЛЖК, способствующие деятельности рубца и рубцовой МФ сильнее, чем механическая стимуляция грубым кормом, как предполагалось раньше (скармливание сена не имеет такого эффекта). Сокращается период выпойки и животные раньше переходят на растительную пищу.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 8

Тема: Пищеварение в кишечнике

План лекции:

1. Состав, значение и секреция поджелудочного сока и желчи.
2. Состав и значение кишечного сока, пищеварение в тонком кишечнике.
3. Пищеварение в толстом отделе кишечника.

1. ВОПРОС

Поджелудочный сок образуется клетками поджелудочной железы (ПЖ) и содержит много ферментов, расщепляющих белки, жиры и углеводы (активны в щелочной среде):

1. Протеолитические ферменты – *трипсин, химотрипсин, пептидазы, нуклеазы* и др. (основной – трипсин). Первые 3 расщепляют белки до аминокислот, а нуклеазы – РНК и ДНК до мононуклеотидов. Трипсин синтезируется в неактивной форме – трипсиноген, а затем активируется ферментом кишечного сока **энтеропептидазой**. Трипсин активирует другие протеолитические ферменты.

2. Липолитические ферменты – *липаза и фосфолипазы*. Первая расщепляет жиры до *глицерина и жирных кислот*, которые после эмульгирования желчью поступают в кишечник. Желчь усиливает её активность. Фосфолипазы расщепляют фосфолипиды (*глицерин, высшие жирные кислоты, аминокислоты, фосфорная кислота*).

3. Гликолитические ферменты – *амилаза, глюкозидаза, галактозидаза* и др. расщепляют поли- и дисахариды до моносахаридов (*глюкоза, фруктоза*).

За сутки выделяется: у КРС 6–7 л, у МРС 0,5–0,6 л, свиней – 8 л, у лошади 7,5–8,5 л поджелудочного сока.

Регуляция секреции сока происходит в 2 фазы: **сложнорефлекторная** – под действием безусловного (при раздражении рецепторов полости рта и глотки) и условного (при раздражении рецепторов анализаторов) рефлексов под контролем коры ГМ (центр – в продолговатом мозге) и **гуморальная** – под действием гормонов, прежде всего 12-перстной кишки – секретина (стимулирует клетки ПЖ) и панкреозимина (увеличивает количество ферментов в соке). Также стимулируют секрецию гастрин, серотонин, инсулин, соли желчных кислот.

Печень продуцирует желчь. Различают *печеночную желчь*, находящуюся в желчных протоках печени и *пузырную желчь*. У лошадей она накапливается в крупных протоках печени. Желчь поступает сначала в желчный пузырь, а из него порциями в 12-перстную кишку. Избыток желчи скапливается в желчном пузыре.

Желчь – жидкость желто-бурого или зеленого (у травоядных) цвета щелочной реакции. Она содержит желчные кислоты, желчные пигменты и ферменты (амилазу, протеазу, фосфатазу и др.). Желчь эмульгирует жиры, что облегчает их переваривание липолитическими ферментами; нейтрализует HCl желудка; активизирует секрецию желудочной слизи, соков ПЖ и кишечных желез (КЖ) и их ферменты; обладает бактерицидными свойствами; влияет на процессы всасывания в тонком кишечнике (ТонК) и усиливает его моторику. За сутки выделяется: у лошадей – 6–7 л, у КРС – 7–9,5 л, у МРС – 1–1,5 л, у свиней – 2,4–3,8 л желчи.

Выделение желчи в кишку регулируется сложнорефлекторным и гуморальным путями. Рефлекторно – по тому же принципу, что отделение слюны, соков желудка, ПЖ и осуществляется через вегетативную НС. Блуждающие нервы расслабляют сфинктер желчного пузыря, стимулируя поступление желчи в 12-перстную кишку.

Симпатические наоборот стимулируют сокращение сфинктера и накопление желчи в пузыре. Стимулируют выделение желчи гормоны холецистокинин (СО 12-перстной кишки), гастрин, секретин и жирная пища.

2. ВОПРОС

Кишечное пищеварение связано с функцией ПЖ, КЖ, печени и моторикой кишечника. Выводные протоки печени и ПЖ впадают в 12-перстную кишку. В ТонК происходит интенсивное переваривание пищевых масс, поступающих из желудка. Расщепление белков, жиров и углеводов осуществляется под действием поджелудочного и кишечного сока, а также желчи.

КЖ особенно много в 12-перстной кишке. Они непрерывно выделяют *кишечный сок* (щелочная реакция), *содержащий много ферментов*:

1. **Энтерокиназа, нуклеазы, пептидазы и др.** – расщепляют белки;

2. **Липаза, фосфолипаза** – жиры;

3. **Амилаза, глюкозидаза, галактозидаза и др.** – углеводы.

Регуляция секреции сока рефлекторная. Влияния рецепторов полости рта слабое (только в краниальных отделах ТонК). Основное влияние оказывает раздражение химусом рецепторов слизистой ТонК с участием интрамуральных нервных сплетений и ЦНС по принципу периферических рефлексов. Блуждающие нервы стимулируют, а симпатические тормозят секрецию. Гуморально гормоны энтерокринин и дуокринин, медиатор ацетилхолин усиливают секрецию, а адреналин – тормозит.

В ТонК происходит как **полостное** пищеварение (20–50%), с участием желчи, соков и ферментов ПЖ и КЖ, так и **пристеночное (мембранное)** пищеварение (50–80%) – в особом слое – **гликокаликсе** на поверхности микроворсинок (выступы апикальной поверхности кишечных эпителиоцитов). Он состоит из слизи бокаловидных клеток и слущенного кишечного эпителия и содержит много ферментов ПЖ и КЖ, а также выполняет роль фильтра (препятствует проникновению крупных молекул ПВ, токсинов и микробов).

При полостном пищеварении происходит начальный этап гидролиза полимерных соединений белков, жиров и углеводов, а при мембранном пищеварении он завершается с образованием конечных продуктов. ПЖ и КЖ возбуждаются и выделяют пищеварительные соки через 15–30 мин от начала приема корма. Секреция поддерживается на высоком уровне в течение 6–18 ч. Конечные продукты расщепления ПВ, вода, минеральные вещества и витамины всасываются в кровь и лимфу.

В процессе всасывания основную роль играет слизистая. Она имеет большое количество **ворсинок**, на которых имеются **микроворсинки** (до 4000 на каждой клетке), увеличивающие всасывательную поверхность кишечника более чем в 100 раз. Каждая ворсинка снабжена сосудами, мышцами и нервами. Во время пищеварения ворсинки ритмично сокращаются и расслабляются, способствуя всасыванию, микроциркуляции и продвижению ПВ.

Всасывание – транспорт конечных продуктов гидролиза ПВ, минеральных веществ, витаминов и воды через структуры слизистой ТонК в кровь и лимфу. Всасывание происходит во всех отделах ЖКТ, но с разной интенсивностью.

В ротовой всасывается лишь *глюкоза*. В желудке незначительно всасываются *аминокислоты, глюкоза, вода* и некоторые *минеральные вещества*. В преджелудках жвачных всасывание весьма энергичное. Этому способствует многослойный эпителий, многочисленные сосочки, складки слизистой и их обильное кровоснабжение. Там интенсивно всасываются ЛЖК, аммиак, мочевины, водорастворимые витамины и

минеральные вещества. Но большая часть конечных продуктов, витаминов, минеральных веществ и воды всасывается в ТонК. Различают два основных способа всасывания:

- 1) **Трансцеллюлярный** – через клетку (основной).
- 2) **Парацеллюлярный** – по межклеточным пространствам (малое количество веществ и макромолекулы (антитела и др.)

Трансцеллюлярный осуществляется 2 путями:

- трансмембранным переносом – может осуществляться пассивно и активно. Пассивный транспорт осуществляется по градиенту концентрации (диффузия, осмос и фильтрация) и не требует затрат энергии. Активный транспорт – перенос веществ против градиента концентрации с затратой энергии и при участии специальных мембранных переносчиков и транспортных каналов.

- пиноцитозом – инвагинация апикальной мембраны с образованием внутри клетки пузырьков с теми или иными веществами.

Углеводы всасываются в ТонК в виде моносахаридов – глюкозы, фруктозы, галактозы (более активно всасываются глюкоза и галактоза). Затем они попадают в печень (воротная вена). Там большая их часть превращается в гликоген. Часть глюкозы используется организмом как энергетический материал.

Большинство белков всасывается активным транспортом в виде ди-, трипептидов и аминокислот с участием специальных белков-переносчиков и транспортного механизма движения ионов Na. Поступив в кровь, аминокислоты по воротной вене попадают в печень.

Жиры расщепляются на глицерин и жирные кислоты. Глицерин легко всасывается в клетки слизистой. Жирные кислоты всасываются только в комплексе с желчными кислотами (нерастворимы в воде) в виде *мицелл*. Из клеток слизистой они попадают в лимфатический сосуд ворсинки, потом в грудной лимфатический проток и полую вену, где лимфа смешивается с венозной кровью. В лёгких они попадают в артериальную кровь. На скорость гидролиза и всасывания жира влияет вегетативная НС (парасимпатический отдел – усиливает, а симпатический – замедляет). Всасывание жиров усиливают гормоны коры надпочечников, щитовидной железы, гипофиза и секретин. Вместе с лимфой и кровью жиры разносятся по организму и откладываются в жировых депо для дальнейшего использования.

Всасывание воды происходит по законам осмоса на всем протяжении ЖКТ, но более интенсивно – в кишечнике. Она легко проходит из кишечника в кровь и обратно в химус. Решающая роль в переносе воды через слизистую принадлежит неорганическим ионам (особенно Na).

Скорость **всасывания минеральных веществ** зависит от их растворимости и соединения с органическими веществами. Быстрее всего всасывается K, затем Na, медленнее Ca и Mg. Быстрее всего минералы проникают из гипотонических и изотонических растворов. Большинство микроэлементов (Fe, Cu, Zn, I, Br) всасываются в виде неорганических и органических соединений. Двухвалентные ионы всасываются медленно (ионы Ca в 50 раз медленнее ионов Na). Усиливают всасывание ионов гормоны надпочечников и гипофиза, а угнетают гастрин и секретин.

В ТонК химус подвергается ещё и механической обработке. Благодаря моторике кишечника он смешивается с пищеварительными соками и продвигаются в толстый кишечник (ТолК). Различают следующие виды сокращений ТонК – тонические, перистальтические, ритмические, маятникообразные. Причём в ТонК они более мощ-

ные и быстрые, чем в ТолК.

3. ВОПРОС

Химус из ТонК каждые 30–60 с небольшими порциями в ТолК. В слизистой ТолК нет ворсинок, но много бокаловидных клеток. В соке желез ТолК мало ферментов. Дальнейшее превращение химуса происходит как за счет своих ферментов, так и за счет ферментов, содержащихся в нём самом (но интенсивность пищеварения слабая). Кроме того, пищеварение в ТолК обеспечивают и ферменты имеющихся в нём различных бактерий. У животных с однокамерным желудком (особенно у лошадей) они превращают клетчатку до глюкозы, а затем её большая часть и крахмал сбраживается до ЛЖК. Также бактерии ТолК синтезируют витамины К, Е и группы В; подавляют патогенную микрофлору; нормализуют функцию иммунной системы. Углеводистые корма способствуют бродильным процессам, а белковые – гнилостным, с образованием индола, скатола, фенола, крезола и разных газов. Они всасываются в кровь, поступают в печень и там обезвреживаются. Сбалансированные по содержанию углеводов и белков рационы уравновешивают процессы брожения и гниения. В ТолК происходит всасывание воды, оставшихся в химусе мономеров (аминокислот, глицерина, глюкозы), аммиака, ЛЖК и минеральных солей. При этом резко уменьшается объём химуса, он уплотняется и образуются каловые массы. Они содержат непереваренные остатки, пигменты желчи, холестерин, нерастворимые соли, клетки ЖКТ и бактерии.

В ТолК те же виды сокращений, что и в ТонК, но они более продолжительны и с меньшим ритмом. В слепой кишке – перистальтические и антиперистальтические сокращения, в ободочной – маятникообразные, перистальтические, сегментирующие, в прямой – сегментирующие и перистальтические.

☉ Желчь эмульгирует жиры (распадаются на множество мелких шариков, взвешенных в жидкости – эмульсия).

4. ВОПРОС

Особенности кишечного пищеварения у лошадей и свиней

У лошадей

Из желудка в кишечник содержимое переходит неравномерно (слабая моторика желудка). Время кишечного пищеварения составляет 5–6 ч. В ТонК переваривается и всасывается до 65 % белка, 70 % растворимых углеводов и 60 % жира (60 % химуса). Грубые частицы растительного корма быстро проходят из ТонК в слепую и ободочную кишку.

В ТолК пищеварение осуществляется за счет ферментов химуса, он в большей мере – ферментами обитающих в нём бактерий (целлюлозолитических, протеолитических и липолитических). В слепой и ободочной кишке переваривается до 55 % клетчатки, до 35 % белков и до 24 % углеводов. Всасывается до 30 % поступившего химуса (потому кал лошадей содержит мало воды). Время пищеварения 18–24 ч. Начало выделения фекалий через 18 – 24 ч после приема корма.

У свиней

У свиней пищеварение в кишечнике происходит с большой интенсивностью. В ТонК поступает около 10 л поджелудочного сока, больше 1 л желчи, выделяется значительное количество кишечного сока с высокой активностью ферментов. ТонК расположен спиралеобразно, его моторика также отличается интенсивностью. Время пищеварения в ТонК 3–4 ч.

В ТолК поступает 26 % химуса. Время пищеварения в ТолК – 13 ч, при этом расщепляется до 9 % углеводов, и 10–90 % клетчатки, образуется 68 % уксусной, 28% пропионовой, 20 % масляной и 1 % молочной кислот. Всасывается 4 л химуса.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 9

Тема: Физиология обмена веществ и энергии

План лекции:

1. Сущность обмена веществ (**ОВв**), методы изучения ОВв.
2. Структура и значение белков, азотистый баланс.
3. Обмен белков и его регуляция.

1. ВОПРОС

ОВв (метаболизм) – характеризуется поступлением в организм ПВ, образованием из них структур клеток, выработкой энергии и выделением конечных продуктов во внешнюю среду. Он обусловлен двумя взаимосвязанными процессами:

1) Ассимиляцией (анаболизмом) – процессом усвоения организмом ПВ, поступивших в процессе пищеварения, т.е. ферментным синтезом различных структур организма на клеточном уровне из мономеров с потреблением энергии. Он обеспечивает восстановление и рост клеток, тканей и органов, синтез гормонов и ферментов.

2) Диссимиляцией (катаболизмом) – процесс окисления сложных органических веществ (белков, жиров и углеводов) с их распадом до более простых с выделением и накоплением энергии (за счёт которой протекает ассимиляция). Он обеспечивает разрушение отживших клеток и тканей.

Анаболизм и катаболизм способствуют постоянному обновлению структур организма. Источником энергии являются углеводы, жиры и сами белки. Её часть используется для построения новых клеток, расходуется в процессе жизнедеятельности (сокращения мышц и др.), освобождается в виде тепла. Вода, минералы и витамины также относятся к ПВ, но не являются источниками энергии.

ПВ – продукты гидролиза белков, жиров и углеводов пищи до мономеров (пластиче-ский и энергетический материал), а также вода, минералы и витамины (только пластиче-ский материал) – исходные продукты анаболизма. Конечные – полимеры: специфические белковые образования, жиры и углеводы клеток. Анаболизм обеспечивает восстановление клеточных структур, энергетического потенциала и рост развивающегося организма.

Исходные продукты катаболизма – белки, жиры и углеводы клеток организма. Конечные – аминокислоты, моносахара, жирные кислоты, нуклеотиды и энергия. У здорового взрослого организма анаболизм и катаболизм находятся в равновесии. В периоды роста, беременности, интенсивной физической нагрузке, выздоровления анаболизм преобладает над катаболизмом. В старости, при истощениях, голодании, стрессе – наоборот.

ОВв регулируется ЦНС с участием коры ГМ и гипоталамуса (посредством вегетативной НС и железы внутренней секреции).

Каждому виду животных присущ свой тип **ОВв**, зависящий от многих факторов: климат, кормление, условия содержания, пол, возраст, порода и др. От его характера и уровня зависит здоровье и продуктивность животных. Изучение уровня **ОВв** и энергии у животных имеет практическое значение в целях контроля состояния здоровья, организации кормления и содержания животных.

Методы изучения ОВв:

1. Метод балансовых опытов (подсчёт количества поступающих в организм веществ и количества конечных продуктов, выделяющихся из организма).
2. Метод изолированных органов, которые в течение некоторого времени сохраняют свою активность, используя ПВ, пропускаемые через кровеносные сосуды.

3. Метод ангиостомии – на сосуды определённого органа накладывают специальные трубочки, для получения притекающей и оттекающей крови (по изменению её химического состава судят о **ОВв** в органе).

4. Метод меченых атомов – радиоактивные элементы (N, P, C и др.) вводят в ПВ корма и их превращение исследуют специальными приборами.

2. ВОПРОС

Белки имеют особое значение в жизнедеятельности организма и являются главными носителями жизни (их второе название - **протеины** - происходит от греческого слова *«протос»*, что значит - первый или главный). Белки состоят из аминокислот (а/к-т). Белки специфичны, т.к. в их молекулах строго определённый порядок чередования а/к-т, характерный только данной особи.

В ЖКТ белки расщепляются до а/к-т, которые после всасывания, разносятся с кровью по организму, где в клетках из них образуются специфические для данной особи белковые структуры. Основными структурными компонентами белков являются **20 а/к-т**, **10** из них являются **незаменимыми** (не могут синтезироваться в организме) и поступают только с пищей - аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин. Остальные 10 являются заменимыми (полностью или частично - синтезируются в малом количестве и не полностью обеспечивают потребность организма) - аланин, аспарагин, аспарат, глицин, глутамат, глутамин, пролин, серин, *цистеин* и *тирозин*.

Биологическая ценность белков определяется их а/к-тным составом. **Полноценные белки** содержат все незаменимые а/к-ты. Они полностью способны превращаться в разные белковые структуры организма. К ним относятся животные белки (молоко, мясо, яйца). В большинстве растительных белков (рожь, пшеница, овес, кукуруза, горох) некоторых незаменимых а/к-т нет или их очень мало. Если отсутствует хоть 1 незаменимая а/к-та - белок **неполноценный**. У жвачных потребность в незаменимых а/к-тах полностью удовлетворяется за счёт **МФ** рубца.

Отсутствие или недостаток 1 или нескольких незаменимых а/к-т приводит к «-» азотному балансу, нарушению обмена белка и веществ в целом, остановке роста и развития, нервным расстройствам, депрессии и др. Потребность в незаменимых а/к-тах растёт у молодняка, при беременности, некоторых заболеваниях. Поэтому они должны постоянно поступать в организм с кормом.

Биологическая ценность белка определяется и степенью его усвоения (ассимиляции) - чем она больше, тем выше и биологическая ценность. А она будет тем выше, чем ближе его а/к-тный состав к белковому составу организма.

Значение белка: 1) рост и обновление организма; 2) продукция БАВ и иммунных структур (ферменты, гормоны, антитела, комплемент и др.); 3) защитная функция белков обусловлена участием в иммунных реакциях, а также в процессах свертывания крови; 4) обеспечивают онкотическое и осмотическое давления жидкостей организма; 5) участвуют в поддержании кислотно-щелочного равновесия входя в состав буферных систем плазмы; 6) обеспечивают сокращения мышц (сократительные белки); 7) в форме молекул-переносчиков обеспечивают транспорт различных веществ в организме многие из которых плохо или вовсе нерастворимы в воде (жиры, жирные кислоты, гормоны); 8) источник энергии (особенно при стрессах) и др. 9) связывая многие ядовитые вещества выполняют антитоксическую функцию.

Азотистый баланс - отношение количества поступившего в организм N к количеству выведенного. Он позволяет судить о характере белкового обмена. В организме взрослого здорового животного эти параметры равны между собой - **азотистое**

равновесие. Причины «-» азотного баланса (преобладание выведенного N): недостаток полноценных белков, голодание, травмы и ожоги, операции, старение организма. При белковом голодании активно используются белки плазмы, печени, слизистой кишечника и мышц. Длительны «-» баланс приводит к смерти животного. Причины «+» азотного баланса (избыток N в организм): усиленный синтез белка в период роста и развития, во время беременности, после голодания или болезни.

Белок не откладывается про запас. При большом его поступлении с кормом повышается его распад, а при его уменьшении в кормах - распад снижается. Т.о, постоянно поддерживается азотистое равновесие, но всегда на новом уровне. Наименьшее количество белка, необходимое для поддержки азотистого равновесия, называется **белковым минимумом**. Для с/х животных он следующий (г/кг): МРС я свиньи - 1; дойные коровы - 1, недойные - 0,6-0,7; лошадь в покое - 0,7-0,8, в работе - 1,2-1,4.

3. ВОПРОС

В полости рта белки не расщепляются (нет нужных ферментов).

В желудке белки распадаются под действием ферментов желудочного сока на а/к-ты и полипептиды различного размера.

В **ТонК** нерасщепленные полипептиды под действием ферментов **ПЖ**, печени, **КЖ** расщепляются до свободных а/к-т. А/к-ты всасываются в **основном** в **ТонК** в кровь, а затем по воротной вене поступают в печень. Там основная часть а/к-т используется для синтеза альбуминов, глобулинов, фибриногена, протромбина и разных белковых комплексов, которые также поступают в кровь. Концентрация белков в крови животных составляет **80-90 г/л**.

Другая часть а/к-т минуя печень, доставляется кровью к тканям и органам, где используется их клетками и для синтеза специфических собственных белков, секретов, инкретов и используется как энергетический материал. Обмен а/к-т обеспечивают реакции дезаминирования (образуются кетокислоты, оксикислоты и аммиак), трансаминирования (образуются кетокислоты и заменимые а/к-ты без образования аммиака) и декарбоксилирования (образуются БАВ и CO₂). Образованные при этом **кетокислоты** окисляются или используются для синтеза глюкозы, жирных кислот и кетоновых тел, т.е. через них осуществляется связь белкового обмена с жировым и углеводным.

Ещё часть а/к-т подвергается превращениям в стенке **ТонК** (синтез ферментов, гормонов, восстановление эпителия). Также под влиянием ферментов **ПЖ** (рибонуклеаз и дезоксирибонуклеаз) ДНК и РНК распадаются на мононуклеотиды, которые, утратив фосфорную кислоту, в виде **нуклеозидов** поступают в кровь и идут к органам и тканям. Там под действием нуклеозидаз они распадаются на азотистые основания и сахар (дезоксирибоза и рибоза). Пуриновые основания (аденин и гуанин) превращаются в мочевую кислоту и удаляются с мочой, а сахара окисляются до CO₂ и H₂O.

Т.о., конечными продуктами превращения белков в организме являются **аммиак, креатинин, мочевина, мочевая кислота, CO₂ и H₂O**.

Небольшое количество не всосавшихся в **ТонК** а/к-т и пептидов поступает в **ТолК**, где подвергается распаду (гниению) под действием **МФ** с образованием фенола, крезола, скатола, индола и др. Эти токсичные продукты обмена через воротную вену поступают в печень, где обезвреживаются.

Регуляция белкового обмена. Обмен белков в организме регулируется нервными центрами, расположенными в гипоталамусе (промежуточный мозг) под контро-

лем коры ГМ. Гипоталамус посредством парасимпатических нервов стимулирует синтез белков, а симпатических – их расщепление.

Гормон гипофиза (соматотропин) и щитовидной железы (тироксин), гормоны половых желез (тестостерон, эстрогены) повышают синтез белка. Гормоны коры надпочечников (глюкокортикоиды) стимулирует расщепление белков и их переход в углеводы.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 10

Тема: Обмен глюкозы и липидов. Водно-солевой обмен

План лекции:

1. Обмен углеводов.
2. Обмен жиров (липидов).
3. Водно-солевой обмен.
4. Регуляция углеводного, белкового и водно-солевого обмена.

1. ВОПРОС

Углеводы служат основным источником энергии в организме. Некоторые углеводы соединяются с белками и липидами, образуя структуры клеток и их оболочек. Рибоза и дезоксирибоза входят в состав ДНК и РНК. Основным источником углеводов для с/х животных – клетчатка.

Превращение углеводов начинается в полости рта, продолжается в желудке, но в основном оно происходит в кишечнике. Всасываются углеводы в виде моносахаров (в основном глюкозы) и через воротную вену глюкоза поступает в печень. Там часть глюкозы превращается в гликоген (4 % к массе печени), который депонируется и служит основным источником образования глюкозы. Другая часть глюкозы идёт дальше и в ткани, где окисляется и используется как источник энергии, а также откладывается в виде гликогена в мышцах (1,5 % к массе мышц). При избыточном поступлении углеводов в организм в печени и мышцах происходит синтез гликогена, а при недостаточном поступлении гликоген распадается до глюкозы. Неиспользованная часть глюкозы превращается в жир и депонируется (триглицериды). Также глюкоза используется для синтеза *лактозы (молочного сахара), липидов, глицерина, а/к-т и жирных кислот*.

Использование глюкозы в организме происходит в аэробных и анаэробных условиях. Вначале глюкоза превращается в пировиноградную кислоту. **Анаэробный гликолиз** – распад углеводов без участия O_2 (в мышцах при усиленной работе). Пировиноградная кислота превращается в молочную кислоту с образованием энергии (из молекулы глюкозы образуется 2 молекулы АТФ). Затем в печени из молочной кислоты синтезируются глюкоза и гликоген. **Аэробный гликолиз** – распад углеводов с участием O_2 (цикл Кребса). Пировиноградная кислота окисляется с образованием CO_2 , H_2O и АТФ (при окислении молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ).

У жвачных большая часть углеводов сбраживается в преджелудках до ЛЖК, которые почти полностью всасываются в них и являются для организма источником энергии, а также используются для синтеза жира и глюкозы (уксусная кислота – предшественник молочного жира, пропионовая – идёт на синтез глюкозы, масляная – используется как энергетический материал и идёт на синтез тканевого жира). Окисление ЛЖК происходит с образованием АТФ, CO_2 и H_2O . В крови моногастричных животных концентрация глюкозы – 1,0-1,2 г/л, у жвачных – 0,42-0,6 г/л.

Конечные продукты углеводного обмена выводятся из организма с мочой, потом и выдыхаемым воздухом.

2. ВОПРОС

Жиры (липиды) являются компонентами органелл, оболочки ядра и самой клетки. Они содержатся в мозге, нервной ткани и надпочечниках. Образуют жировую ткань, которая защищает внутренние органы от механических воздействий. Регулируют тепловой баланс (плохо проводят тепло и ограничивают теплоотдачу). Жир сальных желез защищает кожу от высыхания. Жиры являются основным резервом энергии в организме и служат

источником образования воды в организме.

В ЖКТ жир подвергается гидролизу до жирных кислот и глицерина. Всосавшиеся продукты расщепления в Э синтезируются в триглицериды. Затем из триглицеридов и белка образуются хиломикроны, которые поступают в лимфу. Часть свободных жирных кислот и глицерина всасывается и в кровь. С лимфой хиломикроны, поступают в венозную кровь и транспортируются в ткани сердца и лёгких, а затем – в общий кровоток. В лёгких часть хиломикронов временно депонируется. Жиры в лёгких окисляются с освобождением энергии, часть которой идёт на согревания воздуха.

Важную роль в превращении жиров крови играют печень, жировая ткань, молочные железы и ЖКТ.

В печени из хиломикронов образуются **жирные кислоты**. Они окисляются или используются для синтеза **триглицеридов, фосфолипидов, липопротеидов** и частично депонируются. В таком виде жиры поступают из печени в кровь и далее в жировые депо (жировую ткань).

В жировой ткани происходит синтез и депонирование **триглицеридов и жирных кислот**. Перед использованием в тканях жир обязательно проходит стадию депонирования в жировых депо. Из депо жир используется по необходимости, расщепляясь до глицерина и жирных кислот, которые поступают в кровь и используются как энергетический и пластический материал.

Жиры – основной источник энергии. Жирные кислоты окисляются до CO_2 и H_2O с образованием АТФ. Промежуточными продуктами их окисления являются **кетонные тела: бета-оксимасляная и ацетоуксусная кислоты и ацетон**. Основное место окисления жирных кислот – печень. Глицерин также окисляется до CO_2 и H_2O с образованием АТФ.

При избыточном поступлении в организм белков и углеводов их них синтезируются жиры (жирных кислоты и глицерин) в печени, жировой ткани и молочной железе. В крови животных общая концентрация жиров составляет – 3,0-4,0 г/л.

Конечные продукты превращения жиров выводятся из организма с мочой, потом и выдыхаемым воздухом.

3. ВОПРОС

Вода не является источником энергии, но играет большую роль в **ОВв**. Организм животных содержит 60-70 % воды от массы тела. Она входит в состав всех клеток, пищеварительных соков, плазмы крови, лимфы, тканевой жидкости и др. Наибольшее количество воды (40-45 %) содержится в клетках. Между внеклеточной и внутриклеточной водой идёт постоянный обмен. Вода благодаря действию ферментов включается в различные обменные реакции и является средой для них.

Вода поступает в организм с пищей и при поении. Также, некоторое её количество образуется в процессе окисления. Общее количество воды в организме поддерживается на относительно постоянном уровне благодаря нервно-гормональной регуляции. В среднем в сутки КРС нужно 60 л воды, МРС – 6 л, лошади – 40 л, свинье – 13 л, курице – 0,2 л. Об обмене воды судят по её балансу: у взрослых животных – водное равновесие, у растущих – «+», а при её недостатке – «-» баланс. При потере 15-20 % воды наступает смерть (такое количество воды теряется у лошадей за 17-18, у КРС за 20-25, у кур за 7-8 дней. Вода выводится с потом, калом, воздушными парами, мочой, молоком.

Минеральные вещества (**МинВ**) в целом связывают воедино превращение и использование ПВ в организме, так как они необходимы для построения клеток, белков, ферментов, гормонов, участвуют в физиологических процессах (нервное возбуждение, мышечное сокращение, свёртывание крови и др.).

В организме более 80 **МинВ**, из них 15 – жизненно необходимых. Их делят на **макроэлементы** – присутствующие в организме в больших количествах (Ca, P, K, Na, Cl, Se, Mg) и **микроэлементы** – содержащиеся в незначительных количествах (Fe, Cu, Zn, I, Mn, Co, Mo, Se).

Роль макроэлементов

Ca – входит в состав костей (на 97–99 %) и мышц; способствует сокращению мышц, свёртыванию крови, проницаемости клеточных мембран; повышает тонус сердца, гладких мышц и сосудов; стимулирует возникновение **НИМ** и фагоцитоз; понижает проницаемость сосудов.

P – входит в состав костей, АТФ и поэтому принимает участие во всех процессах организма; поддерживает кислотно-щелочное равновесие в тканях.

Mg – входит в состав костей и мышц; способствует взаимодействию актина и миозина; стимулирует синтез протеинов, антител и АТФ в митохондриях; необходим для жизнедеятельности **МФ ЖКТ**.

K – принимает участие в возникновении и распространении возбуждения по мембране клетки, а также в транспорте веществ через мембрану; поддерживает автоматизм сердца; понижает тонус мышц и замедляет ритм сердечных сокращений.

Na – как и K участвует в возникновении и распространении возбуждения по мембране; повышает возбудимость нервной и мышечной ткани; обеспечивает осмотическое давление и синтез нуклеопротеидов; служит щелочным резервом; резко повышает использование азота организмом.

Cl – вместе с Na обеспечивает осмотическое давление; необходим для поддержания возбудимости возбудимых тканей и образования HCl желудочного сока.

Se – входит в состав незаменимых а/к-т, некоторых гормонов (инсулин, пролактин, окситоцин), витаминов (тиамин, биотин), рогов и шерсти; обезвреживает ряд токсинов; участвует в синтезе белка **МФ рубца**.

Роль микроэлементов

Fe – присутствует в составе **Hb** и многих ферментов; образует нестабильные комплексы с белками и углеводами; участвует в тканевом дыхании, кроветворении, переносе O₂ и CO₂.

Cu – участвует в процессах кроветворения; стимулирует синтез **Hb**, рост и пигментацию шерсти и пера, защитные механизмы организма; повышает репродуктивную функцию.

Co – стимулирует кроветворение, рост организма, ассимиляцию азота и основной обмен; улучшает качество спермы; обеспечивает синтез витамина B в рубце.

Zn – стимулирует рост организма, репродуктивную функцию, кроветворение, костеобразование, действие гормонов гипофиза и ПЖ.

Mn – входит в состав костей; стимулирует отложение жира, синтез белка, кроветворение, защитные механизмы.

Mo – участвует в обмене пуринов (аденин и гуанин ДНК и РНК).

I – участвует в синтезе гормонов щитовидной железы и через них влияет на организм (стимулирует обмен веществ, рост и развитие, репродуктивную функцию и т.д.).

Se – сильнейший антиоксидант, стимулирует рост и развитие организма, повышает реактивность и резистентность.

В крови животных поддерживается оптимальное для обмена количество **МинВ**. Изменения их содержания связаны с характером рационов. При их недостатке и истощении внутренних резервов (запасы в костной ткани, печени, мышцах, селезёнке, коже) животные активно их ищут. При избытке **МинВ** они откладываются в депо, увеличивается выделение их с мочой и калом, уменьшается их всасывание.

3. ВОПРОС

Регуляция обмена белков, жиров и углеводов имеет свои особенности, заключающиеся в том, что превращение и использование этих веществ в организме характеризуется генетически обусловленной высокой устойчивостью. Любое изменение их концентрации в крови воспринимается рецепторами сосудов и тканей, информация с них поступает в нервный центр обмена веществ (нейроны гипоталамуса и других отделов ЦНС). Там формируется ответная реакция, которая поступает к тканям и органам по нервам и с помощью гормонов. Через симпатические нервы и гормоны *тироксин, кортизол, кортикостерон, адреналин, норадреналин, глюкагон* обеспечиваются процессы катаболизма (распад и окисление жира, гликогена, белка). Через парасимпатические нервы и действие соматотропного гормона, эстрогенов, инсулина, пролактина и др. – анаболические процессы (отложение жира, гликогена и др.).

Оптимальные для метаболизма концентрации минеральных веществ, воды и витаминов в крови и тканях поддерживают специальные механизмы регуляции, подобно таковым белков, жиров и углеводов.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 11

Тема: Обмен энергии и терморегуляция

План лекции:

1. Энергетический обмен, его сущность и регуляция.
2. Методы исследования обмена энергии.
3. Основной и общий обмен энергии.
4. Теплообмен и его регуляция.

1. ВОПРОС

Обмен энергии – непрерывная трата энергии на деятельность организма и одновременно непрерывное её возмещение. Эти тесно связанные друг с другом процессы получили название «метаболическая мельница». Обмен энергии в животном организме осуществляется в 4 этапа:

1. Поступление энергии в организм.
2. Освобождение энергии.
3. Использование энергии.
4. Выделение энергии из организма.

Первый этап - организм с кормом получает ПВ и O_2 . В результате биохимических реакций обмена веществ образуется большое количество *химической энергии*. Жиры (поступившие и синтезированные в организме), откладываясь в депо, выполняют функцию основного хранилища потенциальной энергии; при окислении 1 г жира выделяется 9,2 ккал энергии. Углеводы обладают в 2 раза меньшей энергоёмкостью (при окислении 1 г выделяют 4,2 ккал), но они являются наиболее мобильным источником других видов энергии и используются организмом в первую очередь. Белки, прежде всего, являются пластическим материалом. В качестве источника энергии они используются в последнюю очередь (их энергоёмкость аналогична углеводной). Энергия ПВ (потенциальная) заключена в различных связях между атомами в их молекулах. Она освобождается при окислении ПВ.

Второй этап - сложный биохимический процесс последовательного превращения ПВ:

1. Расщепление макромолекул ПВ в ЖКТ до мономеров.
2. Образование из них в тканях промежуточных продуктов (ацетил-коэнзима А, щавелевоуксусной кислоты, молочной и пировиноградной кислот).
3. Расщепление промежуточных продуктов при участии окислительных ферментов до CO_2 и H_2O с выделением энергии. В клетке такое огромное количество энергии освобождается не одновременно, а ступенчато, небольшими порциями, приемлемыми для её постепенного использования. Около половины высвободившейся энергии аккумулируется в макроэргах – *макроэргических соединениях* (АТФ и др. – АДФ, креатинфосфат). При их распаде освобождается значительное количество свободной энергии.

Третий этап. Энергия используется для: синтеза сложных органических и минеральных соединений; всасывания и переноса ПВ; секреции и экскреции; формирования, проведения и передачи НИМ; мышечных сокращений; поддержания температуры тела (t° тела). Именно АТФ принимает участие в большинстве синтетических процессов, начиная от синтеза белков до образования конечного продукта азотистого обмена - мочевины. Т. о., АТФ занимает ведущее положение в энергетике организма. Запасенная в ней энергия с помощью ферментов переключается с одного процесса обмена веществ на другой. Освобождённая при её распаде энергия может преобразовываться в другие виды

энергии: механическую, тепловую, электрическую и т. д. В конце концов все виды энергии превращаются в тепловую и выделяются из организма.

Обязательным условием жизни является возобновление запасов АТФ в организме, что происходит при окислении органических веществ в процессе клеточного дыхания (окислительное фосфорилирование – синтез АТФ из АДФ и фосфорной кислоты).

Четвёртый этап. Энергия выделяется из организма с калом, мочой, газами, парами, продукцией (яйцо, молоко) и в виде тепла.

Регуляция обмена энергии. Регуляция обмена энергии начинается с рецепторов, которые воспринимают сдвиги генетически обусловленного энергетического баланса. От них информация поступает в ЦНС обмена энергии (кора больших полушарий, гипоталамус, продолговатый мозг), где формируется ответная реакция, которая передаётся по нервным волокнам и с помощью гормонов к тканям и органам. Основную нагрузку несёт симпатическая иннервация, которая повышает образование и использование энергии; парасимпатическая иннервация активизирует образование АТФ. Гормоны щитовидной и половых желез повышают энергетический обмен, а надпочечников – угнетают его.

2. ВОПРОС

Методы изучения обмена энергии основаны на учёте энергии поступающей в организм и выделившийся из него. Этот метод получил название «Баланс энергии». **Энергетический баланс** – разность между количеством энергии поступившей с кормом и расходуемой организмом.

Освобождение и расходование энергии в организме животного, исчисляемые в килоджоулях (килокалориях), могут быть измерены непосредственно калориметрически или косвенно - методом газового обмена. Поэтому для определения количества тепла, образующегося в организме, существуют два метода - прямая и непрямая калориметрия.

Прямая калориметрия – измерение тепла, выделяемого организмом. Для этого используют специальные калориметрические камеры с теплонепроницаемыми стенками. Тепло, выделяемое животным, поглощается водой, которая протекает по трубке, проходящей по камере. Разница температуры воды определяется двумя термометрами (показывающими и тысячные доли градуса). По разнице температуры воды вычисляют количество освобожденного тепла (Дж). Метод прямой калориметрии более точен, чем косвенное вычисление тепла, но по технике он сложен и связан с большой затратой времени.

Непрямая калориметрия – измерение обмена энергии по выделению CO_2 и потреблению O_2 . Для этого используют дыхательные маски. Потребление 1 л O_2 или выделение 1 л CO_2 соответствует образованию определенного количества тепла. Это метод широко применяется на практике.

Уровень энергетического обмена (количество освободившейся энергии) можно определить по **дыхательному коэффициенту** – величина отношения объёма выделенного CO_2 к объёму потреблённого O_2 ($\text{RQ} = \text{CO}_2 / \text{O}_2$). Величина RQ глюкозы - 1; жиров - 0,7; белков - 0,8 и зависит от многих факторов. По RQ в специальной таблице находят соответствующий показатель **калорического эквивалента** – количество тепла, освободившегося при использовании организмом 1 л O_2 . Чем выше RQ, тем больше тепла выделяется на 1 л потребленного организмом O_2 .

3. ВОПРОС

У животных различают: основной и общий обмен энергии.

Основной обмен – предельно низкий уровень обмена веществ и энергии, обеспечивающий жизнедеятельность животного в покое, натошак (свободном ЖКТ), нормальной t° тела и комфортной температуре внешней среды. При основном обмене животному достаточно получать поддерживающий корм.

Общий обмен – обмен энергии у животных в активном состоянии, включая затраты энергии на пищеварение, движения, производство продукции. При этом, дополнительно к поддерживающему корму, животному нужно потреблять корм на двигательную активность и продукцию.

На обмен энергии оказывают влияние целый ряд факторов:

1. Возраст (у молодняка он выше).
2. Пол (у самок – выше).
3. Климат – в жару обмен снижается на 10–20%.
4. Период суток – самый низкий обмен с 24 до 6 ч утра, затем повышается.
5. Мышечная активность – у коров при стоянии обмен энергии повышается на 9%, чем в лежачем положении.
6. Состояние НС – при возбуждении обмен повышается.
7. Состояние эндокринной системы – при гиперфункциях ЖВС он выше.
8. Вид корма – грубые корма требуют больше затрат энергии на переваривание.
9. Беременность – обмен энергии увеличивается на 25–35%.
10. Лактация – обмен энергии повышается на 30% и более.
11. Размер животного – крупные животные на 1 кг живой массы тратят меньше энергии.

4. ВОПРОС

Млекопитающие и птицы – теплокровные – они способны поддерживать стабильную t° тела (лошади – 37,5 – 38,5; КРС – 37,5 – 39,0; МРС – 38,5 – 40,0; свиньи – 38,0 – 40,0; птица – 40 – 43 °С). Постоянство t° тела – ведущий фактор для оптимального уровня обмена веществ и энергии. В то же время последний определяет постоянство t° тела животного. Тепловой баланс находится в прямой зависимости от баланса образующейся в организме энергии и её отдачи во внешнюю среду. Поддержание t° тела на постоянном уровне обеспечивается за счёт соотношений двух процессов теплопродукции и теплоотдачи. Если они уравновешены, то поддерживается баланс тепла и t° тела находится в пределах физиологической нормы. Теплопродукция – процесс химический, а теплоотдача – физический.

Теплопродукция – образование тепла в процессе обмена веществ и энергии. Наибольшее количество теплоты образуется в органах с интенсивным обменом веществ и большой массой – печень и мышцы (при мышечной работе химическая энергия только на треть переходит в механическую работу, остальные две трети переходят в теплоту).

Теплопродукция может увеличиваться в 3–5 раз за счёт активации ферментных окислительных реакций и терморегуляционной активности мышц. При необходимости, за счёт повышения тонуса мышц, значительно увеличивается образование теплоты.

Теплоотдача – отдача теплоты в окружающую среду. Она происходит в основном 3 путями: 1) излучением (инфракрасное излучение и нагревание окружающих предметов – 43,7% тепла), 2) конвекцией (переход тепла с поверхности кожи в окружающий воздух и его нагревание – 31% тепла), 3) испарением (отдача тепла с потом и выдыхаемым воздухом – 21,7% тепла).

Дополнительные пути отдачи тепла: нагревание пищи в ЖКТ – 1,6%; нагревание воздуха в лёгких – 1,3%; потери с калом и мочой – 0,7%.

При *низких температурах* отдача тепла конвекцией и излучением увеличивается, испарением – уменьшается. При *высоких температурах* отдача тепла испарением увеличивается, конвекцией и излучением – уменьшается.

Приспособление организма животного к высоким и низким температурам внешней среды осуществляется при помощи химической и физической терморегуляции.

Химическая (теплопродукция) – изменение интенсивности обмена веществ и энергии в условиях низких или высоких температур (при низких – обмен увеличивается, при высоких – уменьшается).

Температура среды, при которой осуществляется самый низкий уровень, называется **критической точкой**.

Температура среды, при которой низкий обмен веществ поддерживается на постоянном уровне, называется **зоной термической нейтральности**. Для разных видов и возрастов животных она составляет от 4 до 20 °С.

Температура среды, при которой животное не испытывает ни тепла, ни холода, называется **комфортной**. Для разных животных она различна и в среднем находится в пределах от 14 – 25 °С. Для молодняка (особенно поросят и цыплят) она выше – 30–35 °С, а для телят ниже – 5–16 °С.

Физическая (теплоотдача) – совокупность физиологических процессов, ведущих к повышению или понижению отдачи тепла организмом животного (реакция сосудов кожи, интенсивность потоотделения, состояние волосяного покрова (зимний, летний), поднятие волоса, положение тела и др.).

Регуляция теплопродукции и теплоотдачи осуществляется нейро-гуморально. При появлении тенденции к снижению или повышению t° тела возбуждаются терморепцепторы сосудов, тканей, слизистых и кожи. Информация от них поступает в НЦ (гипоталамус, продолговатый и средний мозг, кора больших полушарий, СМ), где формируется ответная реакция, идущая к органам теплообразования или теплоотдачи. Стимулируют теплопродукцию – тироксин, адреналин, кортикостероиды.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 12

Тема: Физиология выделительных процессов

План лекции:

1. Органы выделения и их значение. Функции почек.
2. Образование мочи.
3. Регуляция мочеобразования и выведение мочи.
4. Функции кожи. Линька и её значение.

1. ВОПРОС

Выделение (экскреция) – освобождение организма от конечных продуктов обмена, чужеродных веществ и избытка ПВ. У с/х животных функцию выделения выполняют почки, лёгкие, ЖКТ и кожа, но основным органом выделения являются почки (выделяют практически все азотсодержащие вещества (мочевину, мочевую кислоту, аммиак, креатинин, креатин), больше половины H_2O , минеральные соли, избыток ПВ, чужеродные вещества). Лёгкие удаляют CO_2 , небольшое количество H_2O , некоторые летучие вещества. Железы ЖКТ выделяют соли тяжёлых металлов, чужеродные органические соединения, небольшое количество мочевины и мочевой кислоты, лекарственные вещества. Потовые железы выделяют H_2O , соли Na, K, Ca, мочевину, креатинин, мочевую кислоту, небольшое количество CO_2 . Сальные железы выделяют продукты обмена половых гормонов, кортикостероидов, витаминов и ферментов.

Функции почек: 1. *Экскреторная* (см. выше). 2. *Обменная* – в почках идёт глюконеогенез (особенно при голодании), они участвуют в обмене липидов и белков, синтезе компонентов клеточных мембран, образовании аргинина, аланина и серина и др. 3. *Регуляторная* – рН, осмотическое и артериальное давление; постоянство ионного состава плазмы крови и объема внеклеточной жидкости; синтез БАВ – ренина (сужение сосудов), тромбопластина (свёртывание крови), эритропоэтина и тромбопоэтина и т.д. 4. *Защитная* – обезвреживают чужеродные и ядовитые вещества.

2. ВОПРОС

Структурным звеном почек, в котором образуется моча, является **нефрон**. Моча образуется в две фазы:

1) **Фильтрации** происходит в капиллярах сосудистых клубочков нефронов. Просвет приносящих артериол больше, чем выносящих, что создаёт препятствие оттоку и кровь фильтруется под давлением 70-90 мм рт. ст. Чем выше давление крови, тем интенсивнее фильтрация. Физическая нагрузка, уменьшает фильтрацию. Увеличение онкотического давления плазмы крови препятствует фильтрации согласно закону осмоса. В процессе фильтрации образуется **первичная моча**, состоящая из тех же веществ, что и плазма крови, кроме клеток крови, высокомолекулярных белков и жира (не фильтруются). Она поступает в двустенную капсулу, окружающую клубочек, а оттуда – в канальцы нефрона. Из **10 л** крови фильтруется **1 л** первичной мочи.

2) **Реабсорбции (обратного всасывания)** идет в системе канальцев нефрона, и первичная моча превращается во **вторичную**. В *проксимальных канальцах* реабсорбируется **65 %** фильтрата: полностью – а/к-ты, глюкоза, витамины, микроэлементы, низкомолекулярные белки (фильтруются в малых количествах), фосфаты. Кроме того, обратно всасываются $2/3 H_2O$, значительная часть бикарбонатов, Cl, K и Na. В канальцах остаются мочевина, креатинин и сульфаты. В *петле Генле* происходит реабсорбция H_2O и ионов Na. Вещества, которые реабсорбируются полностью называются **пороговыми**, а которые не реабсорбируются – **беспороговыми**.

Из петли Генле вторичная моча идёт в *дистальный извитой каналец*, где практически заканчивается реабсорбция Na, K, Ca, фосфатов и воды. Клетки эпителия проксимального и дистального отдела канальцев нефрона выполняют *секретирующую функцию* – активный транспорт в мочу веществ, содержащихся в крови или образующихся в самих клетках эпителия канальцев, минуя капсулу. С помощью канальцевой секреции из крови в мочу выделяются некоторые ионы (K^+ , H^+), органические кислоты и основания, поступившие в организм чужеродные вещества (антибиотики, красители, рентгенконтрастные препараты и др.). В проксимальном отделе секретируются органические кислоты, а в дистальном – органические основания. Канальцевая секреция обеспечивает гомеостаз. Также в клетках канальцев происходят процессы *превращения* белков, жиров и углеводов, серо- и фосфорсодержащих соединений, и *синтеза* парных соединений, БАВ (ренина, эритро-, лейкоцито-, тром- боцитопоэтинов, медуллина и др.).

Из дистальных канальцев вторичная моча переходит в *собирательные трубочки*, в которых реабсорбируются вода, электролиты и образуется концентрированная *конечная моча*. Она не содержит, а/к-ты, глюкозу, белок, но при этом количество мочевины в ней составляет 2 % (в плазме – 0,03 %). Конечная моча из лоханки по мочеточникам поступает в мочевой пузырь и затем удаляется из организма.

Обратное всасывание ряда веществ зависит от их концентрации в крови. Например, если содержание глюкозы в крови высокое, то она всасывается не полностью и часть ее появляется в моче.

Моча у лошади мутная (много мелких кристаллов углекислого кальция). У жвачных и свиней моча прозрачная. Реакция мочи у травоядных щелочная, у свиней бывает и кислой (зависит от рациона). Плотность мочи колеблется от 1,018 до 1,040 г/см³.

3. ВОПРОС

Мочеобразование регулируется: 1) вегетативной нервной системой, а также гипоталамусом и корой ГМ через влияние на эндокринную систему; 2) гуморальная регуляция осуществляется вазопрессинном, адреналином (уменьшает мочеобразование) и тироксином (усиливает).

Мочевина и другие азотсодержащие вещества, натрия хлорид и другие соли, находящиеся в крови, увеличивают образование мочи.

По мере наполнения лоханки, раздражаются барорецепторы, мышцы её сокращаются и расширяется просвет мочеточников. По ним моча идёт в мочевой пузырь. При наполнении мочевого пузыря давление воспринимается рецепторами его стенки и НИМ поступают в центр мочеиспускания (пояснично-крестцовый отдел СМ), а затем по парасимпатическим нервам – к мочевому пузырю, вызывая сокращение его мышц и расслабление сфинктеров мочеиспускательного канала. Возбуждение симпатических нервов обеспечивает наполнение мочевого пузыря.

Частота мочеиспускания: у КРС – 6–10 раз, у МРС и свиней – 2–3 раза, лошадей – 4–8 в сутки. Частое, редкое и болезненное мочеиспускание, изменение цвета, запаха и состава мочи, указывает на патологию органов мочевой системы или нарушения метаболизма.

4. ВОПРОС

Кожа – наружный покров, отграничивающий тело от внешней среды. Она содержит 60-68% воды, до 35% белков (коллаген, кератин, ретикулин, эластин), до 80 мг% глюкозы, 0,1% гликогена, мукополисахариды, гепарин, 0,7-1,0% минеральных веществ и др. Кожа выполняет ряд важных функций:

- 1) Защитная – от механических воздействий, излучений (радиационного, инфракрасного, УФ), химических раздражителей, микроорганизмов (лизоцим, сало, пот). Обладает электросопротивляемостью.
- 2) Дыхательная – выделение CO_2 и поглощение O_2 (2 % всего газообмена).
- 3) Абсорбционная – всасывает H_2O , растворы солей через волосяные фолликулы. Жировые вещества всасываются через эпидермис.
- 4) Выделительная – за счет функции потовых и сальных желез (выделяются конечные продукты обмена веществ и излишки H_2O).
- 5) Пигментообразующая – вырабатывается пигмент меланин и откладывается – гемосидерина (Fe-содержащий кровяной пигмент).
- 6) Терморегулирующая – проходит во внешнюю среду до 80 % тепла.
- 7) Обменная – активно участвует в обмене углеводов, белков, жиров, солей, витаминов, воды. В коже синтезируются эластин, коллаген, кератин, гликоген, гистамин и др.
- 8) Рецепторная (сенсорная) – в ней расположено огромное множество разнообразных (болевых, холодовых, тепловых и др.) рецепторов, воспринимающих различные внешние раздражители. От них осуществляются рефлекторное влияния на все органы.
- 9) Депонирующая – п/к клетчатка является депо ПВ, солей, воды (около 13 %) и крови (до 10 %).

Выделительную функцию кожи обеспечивают потовые и сальные железы.

Потовые железы расположены на поверхности тела неравномерно (их больше в участках с тонкой кожей). Интенсивность потоотделения у с/х животных ниже, чем у человека, в 2-3 раза.

С потом выделяется большое количество H_2O , солей, небольшое количество белков и продуктов их распада – мочевины, мочевой кислоты, аммиака и др. В поте лошади есть альбумины и глобулины, за счёт которых пот у них вспенивается. Запах пота обусловлен ЛЖК. Реакция пота обычно слабощелочная (рН 7,5-8,5). Выделение пота имеет значение главным образом для терморегуляции. При испарении 1 мл пота отдаётся тепла 2,4 кДж. Потоотделение усиливается при $\uparrow t^\circ$ среды и при интенсивной мышечной работе.

Сальные железы – выросты волосяных мешков, их протоки открываются во влагалище волоса. Они выделяют кожное сало, которое состоит из ненасыщенных жиров и холестерина. Оно смазывает кожу и волосы, предохраняет кожу от мацерации, волосы от высыхания и проникновения воды. Под влиянием кислот пота кожное сало разлагается с образованием ДЖК со специфическим запахом. Смесь кожного сала и пота называется *жиропотом*, который имеет большое значение в сохранении шерсти у овец.

Волосы располагаются на всей поверхности тела. Густота и длина волос зависит от вида, породы, условий содержания, кормления и возраста животных, сезона года, климата и т. д. У лошадей на 1 см² кожи находится в среднем 700 волос, у овец – 5000–8000. Волосы у молодых растут интенсивнее. Летом и осенью быстрее, чем зимой. В суровом климате волосяной покров гуще и длиннее. На рост и качество волос влияют железы внутренней секреции (после удаления щитовидной железы или гипофиза замедляется рост волос и ухудшается их качество).

Линька – замена отживших старых волос новыми. Она бывает постоянной, сезонной и возрастной. *При постоянной* – незначительное выпадение волос происходит в течение года. Постоянная линька наблюдается у тонкорунных овец.

Длинные волосы гривы и хвоста лошадей держатся в течение 5-6 лет, смена их происходит в течение всего года по мере старения волосяных луковиц.

При сезонной – волосяной покров меняется полностью за сравнительно короткое время. У лошадей и КРС линька бывает 2 раза в год (весной и осенью). Особенно отчетливо проявляется весенняя линька. При похолоданиях она задерживается. Молодые, здоровые лошади меняют свой волос в течение 15-20 дней. У старых, а также истощённых животных смена волос задерживается, и линька длится до 30 дней и более. Осенняя линька растягивается на 3-4 мес. Благодаря сезонной смене волос животные предохраняют себя от перегревания летом, а зимой – от переохлаждения. Механизм сезонной линьки изучен недостаточно. Опыты показывают, что линька зависит в большей степени от светового фактора, чем от температурного.

Примером *возрастной линьки*, не зависящей от сезона года, может служить линька жеребят и телят в 5-7-месячном возрасте. У жеребят только после этой линьки устанавливается постоянная окраска шерсти (масть).

Регуляция структурной организации и деятельности кожи обеспечивается рефлекторно-гуморально. Изменение состояния кожи сопровождается изменением активности нервов кожи и потребления гормонов (гормон роста, мелатонин, инсулин, глюкокортикоиды, половые гормоны, трийодтиронин, тироксин и др.).

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 13

Тема: Физиология желез внутренней секреции

План лекции:

1. ЖВС. Гормоны, их классификация и свойства. Гипоталамо-гипофизарная система.
2. Гормоны гипофиза и эпифиза.
3. Гормоны щитовидной и паращитовидной желез.
4. Гормоны надпочечников и поджелудочной железы.
5. Гормоны половых желез.

1. ВОПРОС

Физиологические функции организма наряду с НС регулируются и *гуморальной или системой желез внутренней секреции (ЖВС)*. НС влияет на ЖВС через нервы, идущие от гипоталамуса (центр регуляции).

ЖВС – не имеют выводных протоков и выделяющие свой секрет (*гормоны*) в кровь.

К ним относятся: гипоталамус, гипофиз, эпифиз, щитовидная железа (ЩЖ), паращитовидные железы (ПарЖ), поджелудочная железа (ПЖ), надпочечники (НПоч), половые железы (ПолЖ), желтое тело (ЖТ), плацента, тимус (зобная) железа. Во многих органах есть специальные клетки, продуцирующие БАВ (тканевые гормоны). Такие клетки обнаружены в органах ЖКТ, почках, НС и др. Совокупность этих клеток образует *диффузную эндокринную систему (ДЭС)*.

Каждый тип клеток *ДЭС* продуцирует специфические гормоны, возбуждаясь через местные механизмы и с участием нервной системы.

В желудке (сычуге) образуются: *гастрин* (стимулирует секрецию НСl и пепсина желудочными железами, моторику желудка и 12-перстной кишки и др.); *гастрон* (угнетает образование НСl); *серотонин* (стимулирует секрецию ферментов желудочного сока, слизи, моторику ЖКТ).

В кишечнике образуются: *секретин* (стимулирует секрецию жидкой части поджелудочного и кишечного соков, желчи, пепсина, тормозит моторику ЖКТ); *энтерогастрин* и *энтерогастрон* (первый стимулирует, а второй тормозит секрецию желудочного сока); *дуокринин* и *энтероокринин* (стимулируют функцию кишечных желез) и др.

В почках синтезируются: *ренин* (повышает давление); *медуллин* (расширяет сосуды); *эритропоэтин*, *лейкоцитопоэтин*, *тромбоцитопоэтин* (стимулируют кроветворение).

В нервной ткани (интрамуральные нейроны ЖКТ) образуется *серотонин* (вызывает сокращение гладкой мускулатуры; регулирует давление; функции сна, полового и пищевого поведения).

Гормоны – органические вещества, обладающие высокой биологической активностью (органические БАВ). Различают гормоны:

1) Белковопроизводные (производные белков, полипептидов, аминокислот) – гормоны гипофиза, ЩЖ, ПЖ.

2) Стероидные (производные холестерина) – гормоны коры НПоч и ПолЖ.

Гормоны обладают рядом специфических свойств:

- 1) действуют только на определенный орган (орган-мишень);
- 2) действуют на больших расстояниях от места образования;
- 3) обладают высокой биологической активностью;
- 4) оказывают свое действие через белки-ферменты, рецепторы мембран;
- 5) не имеют видовой специфичности;
- 6) быстро разрушаются специальными ферментами.

Механизм действия гормонов. Клетки органа-мишени имеют специальные рецепторы, которые возбуждаются только определенным гормоном. Клетка может иметь рецепторы на поверхности мембраны, в цитоплазме и в ядре. Также, одна клетка может иметь разные рецепторы одного вида. Рецепторы считывают информацию, закодированную в гормоне.

Гипоталамус состоит из нейронов, часть которых образуют **7** гормонов-стимуляторов (*либерины*): кортиколиберин, соматолиберин, тиреолиберин, фоллилиберин, люлиберин, пролактолиберин, меланолиберин и **3** гормона-ингибитора (*статины*): соматостатин, пролактостатин и меланостатин. Эти гормоны с кровью поступают в **гипофиз** и стимулируют его функцию.

Другие нейроны гипоталамуса образуют гормон **вазопрессин (антидиуретический)** и **окситоцин**, которые по их аксонам стекают в заднюю долю гипофиза, там накапливаются и используются по мере надобности. Благодаря этим гормонам обеспечивается связь ЦНС и ЖВС (**гипоталамо-гипофизарная система**).

2. ВОПРОС

Гипофиз. Клетки передней части гипофиза (*аденогипофиз*) продуцируют **6** гормонов:

1) **Соматотропин** (СТГ, гормон роста) - стимулирует рост и развитие; повышает синтез белка; повышает отложение гликогена в мышцах и содержание в крови а/к-т, а глюкозы и жирных кислот - снижает; стимулирует секрецию молока. Его повышенный синтез у молодняка приводит к гигантизму, а у взрослых особей – к акромегалии. Недостаток гормона приводит к карликовости.

2) **Пролактин** (ЛТГ, лактотропный гормон) - схож с соматотропином, но действует избирательно на молочную железу, стимулируя её развитие, синтез белка и лактозы молока и др.

3) **Тиреотропный гормон** (ТТГ) - стимулирует функцию ЩЖ (синтез гормонов и её размеры).

4) **Гонадотропный гормон** (ФСГ, фоллитропин) - оказывает специфическое действие на половые железы (стимулирует рост фолликулов, клеток Сертоли и сперматогенез).

5) **Лютеотропин** (ЛГ, лютеинизирующий гормон) - стимулирует развитие паренхимы половых желез, наступление овуляции и образование ЖТ, синтез половых гормонов.

6) **Адренокортикотропный гормон** (АКТГ) - стимулирует синтез глюкокортикоидов и половых гормонов, увеличивает размеры надпочечников.

Клетки промежуточной части гипофиза синтезируют **меланотропин** (интермедин, *меланоцитостимулирующий гормон*, МЦСГ) - стимулирует синтез пигмента меланина в пигментных клетках кожи и волос.

В задней доле гипофиза (*нейрогипофиз*) депонируются гормоны гипоталамуса **окситоцин** (стимулирует сокращение альвеол вымени при доении и, соответственно, молокоотдачу, а также сокращение матки во время родов) и **вазопрессин** (*способствует уменьшению мочеотделения*).

Эпифиз – эндокринная железа в виде конусовидного выроста крыши промежуточного мозга. Его клетки образуют гормоны:

1) **серотонин** - синтезируется днем, а ночью превращается в 2) **мелатонин** - антагонист *меланотропина* (снижает пигментацию кожи и волос, контролирует развитие половой системы);

3) **адреногломерулотропин** стимулирует синтез гормона надпочечников альдостерона. Новейшие исследования показывают, что функционально активными гормонами эпифиза являются пептиды.

3. ВОПРОС

ЩЖ – расположена по обе стороны черпаловидного хряща гортани. Её фолликулы синтезируют йодсодержащие гормоны **тироксин** и **трийодтиронин** - стимулируют все виды обмена веществ, рост и дифференцировку тканей, развитие и функцию половой системы, синтез гликогена в печени и молочного жира, выведение воды; регулируют развитие НС и её возбудимость. При гипофункции фолликулов задерживается рост и развитие, снижается обмен веществ и возбудимость НС. При гиперфункции - усиливается обмен веществ, окислительные процессы и возбудимость НС, наступает истощение.

Парафолликулярные клетки (К-клетки) синтезируют гормон **кальцитонин** (обеспечивает отложение Са в костях и снижает его содержание в крови).

ПарЖ - располагаются на задней поверхности боковых долей щитовидной железы или погружены в её ткань. Синтезируют **паратгормон** – антагонист **кальцитонина**, обеспечивает постоянство содержания Са в крови; усиливает активность остеокластов и всасывание Са в кишечнике и в почках.

4. ВОПРОС

НПоч – парные железы, расположенные впереди почек.

В корковом слое образуются:

1) **минералокортикоиды (альдостерон и др.)** - регулируют водно-минеральный обмен;

2) **глюкокортикоиды (кортизол, кортикостерон)** - повышают уровень глюкозы в крови; стимулируют распад жира, белков и превращение а/к-т в глюкозу;

3) **половые гормоны (андрогены, эстрогены, прогестерон)** - стимулируют рост и развитие половых органов, половое созревание и развитие вторичных половых признаков.

Также гормоны коркового слоя повышают устойчивость к действию неблагоприятных факторов, угнетают обмен энергии, подавляют воспалительные процессы.

В мозговом слое образуются: **адреналин, норадреналин, дофамин** - регулируют обмен веществ; усиливают распад гликогена и повышают уровень глюкозы в крови; усиливают распад жира, окисление глюкозы и жирных кислот; обеспечивают распад белка при стрессе; стимулируют работу сердца; повышают давление; ослабляют работу ЖКТ; повышают возбудимость и уменьшают утомляемость скелетных мышц и др.

ПЖ расположена в S-образном изгибе 12-пёрстной кишки. Клетки островков Лангерганса продуцируют:

1) **инсулин** – влияет на все виды обмена, но больше – на углеводный; снижает содержание глюкозы в крови и стимулирует синтез гликогена; способствует синтезу белка и жира;

2) **глюкагон** - способствует превращению в печени гликогена в глюкозу и повышает её содержание в крови;

3) **соматостатин** - подавляет синтез соматотропного гормона, ряда пищеварительных ферментов, моторику ЖКТ и желчного пузыря.

5. ВОПРОС

ПолЖ (яичники, семенники, ЖТ). Женские половые гормоны – **эстрогены (эстрадиол, эстриол и эстрон)** образуются в фолликулах яичников. Они стимулируют рост и развитие женских половых органов; развитие вторичных половых признаков; развитие фолликулов и созревание яйцеклеток; структурно-физиологические изменения в половых органах, связанные с половым циклом. Они также участвуют в регуляции обмена веществ, усиливают синтез белков и развитие мышц.

Мужские половые гормоны – **андрогены (тестостерон, андростендион, андростерон)** образуются в семенниках клетками Лейдига. Они стимулируют рост и развитие мужских половых органов, вторичных половых признаков, сперматогенез, синтез белка,

развитие мышечной ткани, сердца, скелета, работоспособность.

ЖТ образуется после овуляции на месте лопнувшего фолликула и продуцирует:

1) **прогестерон** - понижает чувствительность матки к *окситоцину*, стимулирует развитие плаценты и альвеол в молочной железе.

2) **релаксин** - релаксацию лонного сочленения, расслабление тазовых связок, что необходимо для нормального течения родов.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.

2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.

3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 14

Тема: Физиология размножения

План лекции:

1. Репродуктивная функция, половая и физиологическая зрелость животных.
2. Половые рефлексы самцов и самок.
3. Половой цикл, его фазы и видовые особенности проявления.
4. Регуляция половой функции животных.

1. ВОПРОС

Размножение (репродукция) – сложный физиологический процесс, обеспечивающий продолжение вида. Оно является важнейшим технологическим элементом отрасли животноводства. Снижение репродуктивной функции приводит к большим экономическим потерям. Способность к репродукции возникает с наступлением половой зрелости.

Половая зрелость – период образования и созревания половых клеток. Сроки наступления половой зрелости зависят от многих факторов и прежде всего от вида, породы, пола, климата, кормления, ухода, содержания, наличия нейросексуальных раздражителей (общение между разнополыми животными) и др. Чем короче жизнь представителей того или иного вида, тем раньше происходит их половое созревание. Домашние животные достигают половой зрелости раньше, чем дикие. Повышение уровня кормления ускоряет половое созревание, при этом происходит и увеличение живой массы. Половая зрелость наступает раньше, чем физиологическая.

Физиологическая зрелость – период окончательного развития животных. Физиологически зрелые самки и самцы характеризуются завершением формирования организма, приобретением экстерьера и 65 – 70% живой массы, присущими взрослым животным данной породы и пола. Проводить случку или искусственное осеменение необходимо при достижении животным физиологической зрелости.

Половая и физиологическая зрелость у с/х животных

Вид животного	Пол./зрел., мес.	Физ./зрел., мес.
Бык/корова	6-9 (8-12, мясн. породы – 10-15)	16-18
МРС	6-8	15-18
Хряк/свинка	5-6 (5-8)	10-11
Жеребец/кобыла	12-15 (15-24)	36-48

Длительность использования животных для воспроизводства зависит от их племенной ценности и старения. Средний возраст использования лошадей – 16–18 лет, КРС – 12–14 лет, МРС – 6–7 лет, свиней – 6–9 лет.

С переводом животноводства на промышленную основу своевременное осеменение самок приобретает особо важное значение. При интенсивном выращивании тёлочек молочных пород (холмогорской, чёрно-пёстрой и др.) их можно осеменять в возрасте **14-16 мес.**, но при достижении живой массы 350-380 кг (ССП – не менее 600 г). Тёлок мясных пород можно осеменять в возрасте **15 мес.** с живой массой **330 – 350 кг**.

2. ВОПРОС

Половой акт – комплекс условных и безусловных половых рефлексов, обеспечиваю-

щих совокупление, эякуляцию и введение спермы в половые пути самки.

У половозрелых животных появляется особая форма поведения, выражающаяся в проявлении половых рефлексов и половой цикличности.

Половое влечение возникает в результате раздражения анализаторов (слуховых, зрительных, обонятельных, тактильных) самца исходящего от самки и под действием половых гормонов и наоборот (самки от самца).

У самцов НИМ от анализаторов и внутренней среды идут в кору ГМ и гипоталамус. От него НИМ поступают в центры эрекции и эякуляции, расположенные в СМ (крестцовый и поясничный отдел). Корковые, подкорковые и спинальные половые центры взаимосвязаны между собой. Возбуждение передаётся не только от коры и гипоталамуса, но и от рецепторов органов размножения к ним.

Половые рефлексы осуществляются при наличии условных половых раздражителей (вид самки, случайного манежа и др.) и стимулируются анализаторами. Подобным образом этот процесс происходит и у самок. Различают следующие виды половых рефлексов:

1. **Рефлекс преследования.** Он более выражен у самцов. У самок он проявляется пассивно, т.е. они не препятствуют контакту с самцом. У свиней, самок КРС и МРС бывает и активный рефлекс движения к самцу.

2. **Рефлекс эрекции** заключается в обильном притоке крови в пещеристое тело полового члена и клитора, и перекрытии её оттока по венам (при совокуплении **max** давление в пещеристом теле достигает 14198 мм рт. ст., в сонных артериях – 237 мм рт. ст.). В результате данные органы увеличивается и становятся упругими. У самок отмечают также гиперемиию (покраснение) половых органов и набухание преддверия влагалища, что способствует зиянию половой щели.

3. **Обнимательный рефлекс** (садка, покрытие) – вскакивание самца на самку (манекен или чучело) и обхватывании её боков передними конечностями. У самок он проявляется неподвижностью или вскакиванием на других самок или самца. Способность к садкам особо проявляется у коров и свиней.

4. **Совокупительный рефлекс** – введение полового члена во влагалище с одним (жвачные) или несколькими совокупительными движениями, обеспечивающими его раздражение и эякуляцию. У самок он сводится к опусканию крупа, расширению тазовых конечностей и поднятию хвоста.

5. **Рефлекс эякуляции** – выделение спермы в половые пути самки, что обеспечивается последовательным ритмичным сокращением мышц семявыносящих канальцев, придатков, семяпроводов, придаточных половых желез и, наконец, пениса и уретры. Эякуляцию стимулируют раздражение рецепторов Фатера-Пачини в головке пениса. От них НИМ идут в СМ (центр эякуляции), а от него – к мышцам. Эякуляция контролируется корой ГМ и сопровождается общим нервным возбуждением – **оргазмом**. У самок активно выводится секрет преддверных желез и сокращаются мышцы матки.

3. ВОПРОС

С достижением половой зрелости у самок проявляется инстинкт спаривания. В их яичниках периодически зреют фолликулы, происходит овуляция, формируются жёлтые тела. Внешним признаком полового созревания самок является проявление у них половой цикличности.

Половой цикл (ПЦ) – комплекс структурно-функциональных изменений в половом аппарате, эндокринной и других системах самки от одной овуляции до другой. Корова и свинья проявляют **ПЦ** на протяжении всего года – *полициклические животные*.

В ПЦ 4 фазы (стадии, периоды):

1) **Прозэструс** – подготовительная фаза (начало роста отдельных фолликулов в яичниках). Крупные фолликулы вырабатывают эстрогены. При этом половые губы набухают, слизистая влагалища становится толще и приобретает красный цвет. Секреция слизи клетками влагалища и шейки матки возрастает. Матка увеличивается, её слизистая наполняется кровью и становится отечной.

2) **Эструс**. В эту фазу самка стремится к спариванию, допускает на себя садку и спокойно стоит при этом. Таким образом проявляется (**половая охота, ПОх**). Набухание половых губ и покраснение слизистых половых путей усиливается. Клетки шейки матки и влагалища вырабатывают много слизи, вытекающей из половых органов (**течка**). Матка увеличивается, усиливаются её сокращения, происходит **овуляция**.

3) **Метэструс** – послетечковая фаза. В яичнике на месте лопнувшего фолликула формируется жёлтое тело. В эндометрии разрастаются сосуды, его железы вырабатывают *маточное молоко*. Выделение слизи и приток крови к половым органам слабеет, закрывается шейка матки, исчезает **ПОх**.

4) **Диэструс** – период между двумя ПЦ (доминирование жёлтого тела). Мышцы матки расслаблены, шейка закрыта, слизи мало и она вязкая, слизистые половых путей бледные.

У тёлочек ПЦ длится в среднем 20 дней (18-22), а у коров – 21 день (18-24). Длительность проэструса 3-4 дня, эструса 12-18 ч, метэструса 3-4 дня и диэструса 10-14 дней.

Нередко у тёлочек первая овуляция происходит без внешних признаков **ПОх** ("**тихая овуляция**"). У коров в первый послеродовой цикл частота "тихой овуляции" достигает 70% и более. У животных с "тихой овуляцией" можно выявить течку, но характерные для **ПОх** признаки не проявляются.

Овуляция происходит через 12 ч после окончания **ПОх**, или через 29 ч после её начала.

В 85% случаях овуляция происходит в вечерне-ночное время. Наличие самца и акта спаривания ускоряет её.

Половое возбуждение – изменение в поведении самки в связи с началом роста фолликулов. Проявляется позднее течки и характеризуется ярко выраженной общей реакцией организма в виде беспокойства, отказа от корма, увеличением двигательной активности. Самка проявляет «интерес» к самцу, может вспрыгивать на него или других самок, но садку самца на себя не допускает.

ПОх – положительная сексуальная реакция самки на самца. Во время охоты самка стремится к самцу, принимает позу для полового акта, часто производит акт мочеиспускания, допускает садку и совокупление.

Еще до начала **ПОх** корова обнюхивает и облизывает соседних коров (особенно половые органы) и находящихся близко людей. У неё прогибается спина,

поднимается и опускается хвост (это можно вызвать и поглаживанием поясницы или прикосанием к вульве).

Корова в **ПОх** проявляет признаки общего возбуждения, чаще стоит, глаза более живые и блестящие, зрачки расширены. Некоторые коровы громко мычат в течение нескольких часов или всего дня. У многих животных отмечается затруднённое доение (задержка молока) или даже снижение удоя.

Если корова находится в стаде, то признаки **ПОх** выражены более отчетливо. Животные в **ПОх** в 2–3 раза увеличивают двигательную активность, следуют за другими животными и вспрыгивают на них. Но этот признак не является определяющим. Он может наблюдаться и у животных, не проявляющих **ПОх**.

Более важно, *когда на нее вспрыгивает другое животное* (если она стоит спокойно или лишь слегка уклоняется, то это указывает на наличие у нее **ПОх**).

Этот типичный признак проявления **ПОх** называется **рефлекс неподвижности**.

Если корова находилась в стаде, то вследствие садок на неё других животных на коже крестца и седалищных бугров стирается волос и появляются ссадины, которые хорошо видны в течение недели. В день проявления **ПОх** ссадины влажные, кожа при ощупывании болезненна, повышена местная температура.

МРС полицикличные животные с выраженным половым сезоном. Половая цикличность у них проявляется с августа до февраля. **ПЦ** длится 16-17 дней. Продолжительность **ПОх** – 24-38 ч. У коз всё схоже с овцами, **ПЦ** длится 19-21 день, **ПОх** – 22-23 ч.

У свинок в 1-вом **ПЦ** зреет мало фолликулов. Их осеменяют на 2-3-й **ПЦ**. Длительность **ПЦ** – 20-21 день, **ПОх** – 40-60 ч (у старых свиноматок дольше, чем у молодых).

Кобылы также *полицикличные животные с выраженным половым сезоном.* Половая цикличность у них у них проявляется преимущественно с февраля по август. Длительность **ПЦ** – 22-23 дня. **ПОх** длится 6 дней, а в холодную весну у истощённых животных – до 1 мес.

4. ВОПРОС

Главную роль в проявлении половых функций выполняет ЦНС, регулирующая секрецию гормонов. Центры этой регуляции расположены в *гипоталамусе*. Внешние раздражители поступают через анализаторы, а внутренними раздражителями являются гормоны. НИм преобразуются в гипоталамусе в гуморальные факторы (гипоталамо-гипофизарная система), т.е. стимулируют выделение гонадотропных гормонов передней доли гипофиза: ФСГ (вызывает рост и развитие фолликулов) и ЛГ (стимулирует овуляцию и образование жёлтого тела, которое вырабатывает прогестерон).

Перед наступлением течки и **ПОх** в кровь выделяется больше ФСГ. Когда фолликул созрел, эстрогены яичника действуют через гипоталамус на гипофиз и из него выделяется ЛГ. Под действием этих гормонов наступает течка и **ПОх**.

Спаривание ведет к выделению из задней доли гипофиза **окситоцина** (вызывает сокращение мышц матки и яйцеводов, что ускоряет продвижение сперматозоидов).

Во время течки и **ПОх** под действием эстрогенов у самок повышается возбудимость гипоталамического центра. НИм от него индуцируют кору ГМ, вызывая в ней **половую доминанту** – временный господствующий очаг возбуждения в ЦНС. При этом функции организма мобилизуются на осуществление воспроизводства, быстро образуются половые рефлексy.

После образования жёлтого тела и усиленном синтезе прогестерона наступает **материнская доминанта**. Прогестерон активирует нервные центры, связанные с материнством. У самки прекращаются течка и **ПОх**, она не подпускает самца, в матке начинается подготовка к ношению и развитию плода.

На половую цикличность влияют температура, кормление, содержание и др. внешние факторы. Холод, плохое кормление, чрезмерная работа, различные патологии замедляют рост и развитие фолликулов.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 15

Тема: Физиология лактации

План лекции:

1. Лактация, морфо-функциональная перестройка вымени, запуск.
2. Состав и значение молока и молозива.
3. Процесс молокообразования.
4. Регуляция образования молока и молокоотдачи.
5. Физиология доения.

1. ВОПРОС

Лактация – процесс образования, накопления и выведения молока из молочной железы (вымени). Длительность лактации: у коров - 10 мес. (305 дней), у коз - 7-8 мес., у овец - 4-6 мес., у свиней - 2 мес., у кобыл - 5-11 мес.

Наиболее сильно вымя развито у коров. С наступлением половой зрелости у тёлочек вымя начинает быстро расти, в нём формируются протоки и альвеолы. Окончательное развитие вымени наступают в процессе первой беременности, однако общее развитие вымени происходит ещё в течение нескольких лет лактации. К 4-му месяцу стельности увеличивается объём железистой ткани, протоки и альвеолы вытесняют жировую ткань, увеличивается количество сосудов и нервов. Во вторую половину беременности начинает функционировать **секреторный эпителий**.

После отёла активность вымени наибольшая – альвеолы становятся крупными, уменьшается количество соединительной ткани. В процессе лактации постепенно происходит инволюция железистой части вымени и возможно лишь частичное восстановление секреторного эпителия. Через десять месяцев лактации удои значительно уменьшаются, и коров прекращают доить до нового отёла. После запуска и перевода на сухостой происходит инволюция вымени: альвеолы вымени уменьшаются в размерах, железистая ткань частично заменяется жировой, часть мелких протоков атрофируется.

Рост и развитие вымени регулируют **НС** и гормоны. Непосредственное влияние на это оказывают гормоны гипофиза (**соматотропин** и **пролактин**), яичников и плаценты. Гормоны гипофиза влияют на развитие альвеол и усиливают действие гормонов яичников. Эстрогены ускоряют рост протоков, а прогестерон - альвеол и железистой ткани.

Запуск - прекращение доения за некоторое время до отёла. Наиболее активный рост плода идёт в последние **2 мес.** беременности. В этот период корову перестают доить (запускают). При этом секреция молока прекращается, что связано с ослаблением притока крови к вымени. Отмечается застой секрета, повышается давление внутри альвеол и это препятствует продолжению секреции. Происходит перестройка железистой ткани. Составные части молока рассасываются, альвеолы превращаются в не секреторные участки вымени.

Методы запуска.

- Корову доят в течение 3-4-х дней 1 раз в сутки. На 4-й или 5-й день тщательно выдаивают в последний раз, сосок обрабатывают дезинфицирующей мазью. В течение последующих 2-3-х дней вымя сильно переполняется молоком, становится напряженным и упругим. Затем напряжение постепенно спадает и через 8-10 дней исчезает.
- При современных технологиях доения нередко запуск необходимо проводить без сокращения числа доек (**«одномоментно»**). Тщательно выдаивают секрет из всех

долей вымени, дезинфицируют сосок и для профилактики мастита вводят антимикробные средства. Больше корову не доят, и она запускается.

От того, насколько успешным будет запуск, зависит, сколько молока корова будет давать в следующую лактацию. Чтобы увеличить производство молока с каждой лактацией, период сухостоя должен составлять от **45 – 60 дней**.

Длина периода сухостоя напрямую влияет на молочную продуктивность. Короткий или длительный период сухостоя приводит к уменьшению производства молока. Если он длится **< 30 дней**, недобор в удоях в следующую лактацию составляет от **600 до 1200 кг/год**. Поздний запуск более опасен для коровы (приводит к нарушению развития плода и рождению телят-гипотрофиков, вымя коровы не успевает восстановиться и происходит снижение удоя в следующей лактации).

2. ВОПРОС

Молоко состоит из воды, белка, жира, углеводов, минеральных веществ. У каждого вида животных состав молока строго определённый, но и в пределах вида он может меняться. На это влияет порода, период лактации, уровень кормления и условия содержания животных, время года и т. д.

По биологической ценности молоко превосходит все продукты питания, имеющиеся в природе. Оно является естественной пищей новорождённых. Чем молоко калорийнее, богаче белками и минеральными веществами, тем быстрее растёт новорождённый. ☺

Белки молока (казеин, лактоальбумин и лактоглобулин) полноценные, содержат все незаменимые а/к-ты. **Жир** в молоке находится в виде эмульсии – мельчайших жировых шариков диаметром 3-4 мкм. Количество жира зависит от породы и вида животных. **Молочный сахар** (лактоза) – дисахарид, состоящий из галактозы и глюкозы. В молоке имеются соли неорганических и органических кислот. Соотношение **Са** к **Р** в нем 1,2:1, что способствует хорошему усвоению организмом **Са**.

Непосредственно перед родами в вымени образуется – **молозиво**. Оно существенно отличается от молока, имеет высокую биологическую ценность и калорийность, что необходимо для жизни новорождённого. Это солонатовый, вязкий секрет желтоватого цвета, содержащий много белков, углеводов, жиров, минеральных солей, витаминов и ферментов. Белок молозива всех видов животных наиболее полноценен по а/к-там. Он, в большей степени, представлен **глобулинами** и **альбуминами**. Высокая концентрация **иммуноглобулинов** молозива играет важную роль в защите новорождённого от микроорганизмов в первые дни жизни. Самым полноценным является молозиво, которое выдаивают от коровы **сразу после отёла**. Со временем содержание глобулинов в молозиве снижается – через 3-4 ч на 40 %, через 5-6 ч - на 50-60 %.

3. ВОПРОС

Молоко образуется в эпителиальных секреторных клетках альвеол и протоков из крови. Через вымя коровы проходит огромное количество крови. Для образования **1 л** молока необходимо, чтобы через него прошло около **500 л** крови.

Синтез белков молока происходит из а/к-т, полипептидов и белков плазмы. **Лактоза** синтезируется из глюкозы. **Молочный жир** – из глицерина и жирных кислот плазмы. У жвачных, кроме того, источником молочного жира служат углеводы и продукты их расщепления в рубце (ЛЖК и в частности уксусная кислота). У животных с однокамерным желудком жир молока также синтезируется в печени из углеводов и белков кормов (глюкоза и безазотистые остатки белков). **Витамины** и **минеральные вещества** переходят из крови в молоко без изменений.

Образование молока процесс **секреторный**, а не результат простой фильтрации крови (различный качественный и количественный состав молока и крови; наличие в молоке веществ, отсутствующих в крови). Ряд веществ молока не синтезируются, а переходят из крови без изменений (витамины и минеральные соли).

Следовательно, состав молока зависит от состава рациона, переваривания ПВ, синтетических процессов в печени, запаса ряда ПВ в организме и состояния организма в целом.

В образовании молока различают **4 типа секреции**. В первую неделю после родов – **апокринный тип** (отторгается апикальная часть секреторной клетки вместе с образовавшимся секретом). В разгар лактации – **мерокринный** (секрет просачивается через мембрану апикального полюса клетки) и **леммокринный** (с каплей секрета отделяется участок мембраны). В стадию инволюции вымени – **голокринный** (вся клетка преобразуется в секрет).

Молоко образуется непрерывно, заполняя вначале альвеолы и протоки, а затем перемещается в цистерны. Переход молока происходит периодически, с перерывами. По мере заполнения ёмкостной системы вымени молоком тонус мышечных волокон уменьшается и вымя расширяется до определённого предела. При переполнении вымени молоком повышается внутривымянное давление и образование молока резко уменьшается. Ёмкость вымени зависит от объёма цистерн, протоков, развития альвеолярного аппарата. Задние четверти вымени развиты больше передних. Опорожнение альвеолярного отдела вымени стимулирует молокообразование. Неполное выдаивание тормозит образование молока и ведёт к постепенному запуску. Торможение молокоотдачи может наступить при болевых раздражениях вымени и других участков тела, при нарушении стереотипа доения (условия, доярки, время), при испуге (адреналин суживает сосуды).

Интенсивность молокообразования определяют ряд факторов: наследственность, порода, уровень кормления и обмена веществ, время после родов (в первые 3 мес. синтез молока нарастает, а затем снижается), время суток (днём выше, чем ночью), кратность доения (при 3- и 4-кратном доении выше, чем при 2-кратном), количество отёлов (до 5-7 – нарастает, а затем снижается) и др.

4. ВОПРОС

Образование молока и молокоотдачу регулирует нервная и гуморальная система при участии коры ГМ и гипоталамуса, в которых располагается лактационный центр. Гипоталамус выделяет нейросекреты – **либерины** (самотолиберин и пролактолиберин), они стимулируют выделение гипофизом гормонов **соматотропина** и **пролактина**, которые стимулируют синтез молока. Другие ЖВС способствуют образованию предшественников молока и увеличению их количества в крови.

В **рефлексе молокоотдачи** различают 2 фазы:

1) Нервная - при раздражении рецепторов вымени во время доения или сосания НИм передаются в центры пояснично-крестцового отделов СМ, а оттуда к сфинктерам сосков. Те раскрываются, и выделяется цистернальная порция молока.

2) Нервно-гуморальная - импульсы от рецепторов вымени передаются в гипоталамус, в котором образуется гормон **окситоцин**, поступающий в заднюю долю гипофиза. Затем он с кровью приносится к вымени, где вызывает сокращение звездчатых миоэпителиальных клеток альвеол и выводится альвеолярная порция молока. Однако даже после самого тщательного выдаивания в вымени всегда остаётся некоторое количество молока (около 200 мл) - **остаточное молоко**.

Важная роль в осуществлении рефлекса молокоотдачи принадлежит коре больших полушарий. У коров вырабатывается условный рефлекс (УР-с) на место и обстановку доения. Участие коры обеспечивает более полноценный рефлекс молокоотдачи. Торможение УР-ов при доении может возникать вследствие изменения условий доения, и тогда молокоотдача тормозится.

5. ВОПРОС

Доение – сложный процесс. Приёмы доения (подход к животному, обтирание вымени, его массаж и др.) должны производиться в определённой последовательности. Это способствует образованию и закреплению у коров УР-ов, связанных с молокоотдачей. *Машинное доение* - наиболее целесообразный способ получения молока. Доильной машиной выдаивают сразу все доли вымени. При поочередном выдаивании одной доли за другой, из последней получают меньше молока и жира (т. к. молоко из неё частично переходит обратно в протоки и альвеолы). Выделение и действие окситоцина длится **5–7 мин**, поэтому доение должно быть закончено в этот период. Разрушение окситоцина приводит к прекращению молокоотдачи. Вторично вызвать рефлекс молокоотдачи в эту дойку уже невозможно (только через 4 часа после неё). Нельзя передерживать доильные стаканы на выдоенном вымени. При организации машинного доения необходимо выбирать оптимальный вакуум в подсосковой камере с учетом атмосферного давления (**360-380 мм рт. ст.**), чтобы избежать разрыва сосудов паренхимы, сфинктеров сосков и возникновения мастита. После доения аппараты следует снимать медленно и осторожно, разряжая вакуумное давление путем введения воздуха в аппарат. Лучше применять *трёхтактные* машины (доят медленно, но не тормозят рефлекс молокоотдачи и являются более физиологическими). При правильно организованном машинном доении большинство коров выдаивают за **5-10 мин**.

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 16

Тема: Физиология высшей нервной деятельности. Физиология анализаторов

План лекции:

1. Понятие о ВНД, методы исследования функции коры ГМ.
2. Условные рефлексы (УР-сы), их образование и торможение, динамический стереотип.
3. Типы ВНД.
4. Анализаторы и их свойства.

1. ВОПРОС

ВНД (условно-рефлекторная) – совместная деятельность коры и подкорки ГМ, которая обеспечивает быстрое и совершенное приспособление организма к меняющимся условиям внешней и внутренней среды. Она осуществляется по принципу УР-са.

Впервые идею о рефлекторной деятельности ГМ выдвинул И.М. Сеченов, которая была далее развита И.П. Павловым.

При изучении ВНД Павлов и Сеченов исходили из следующих трёх принципов:

1. **Принцип детерминизма (причинности)** – всё поведение животных имеет свои причины – явления, происходящие во внешней и внутренней среде.
2. **Принцип анализа и синтеза** – животные с помощью коры могут анализировать окружающие явления и синтезировать ответную реакцию на них.
3. **Принцип структурности** – функции коры неразрывно связаны с её структурой.

Согласно учению И.П. Павлова, деятельность НС основана на двух взаимосвязанных физиологических процессах – **возбуждения** и **торможения**.

Методы исследования функции коры ГМ

Метод наблюдения за поведением животного в различных условиях, при различном состоянии является наиболее простым и доступным для изучения ВНД. Однако из-за субъективной оценки его можно использовать только вместе с другими методами.

Метод раздражения коры заключается в том, что под наркозом обнажают участок коры больших полушарий и ее определенные точки раздражают электрическим током или химическими веществами. (установлена локализация моторной зоны в коре).

Метод удаления коры или отдельных ее участков – также дает возможность выяснить функции различных зон и коры в целом. После удаления определенного участка коры выпадают или нарушаются связанные с ним функции (так, у собаки после удаления затылочной доли коры изменяются зрительные функции (перестает узнавать хозяина, равнодушна к котам, а если удаляют височную долю – нарушается слуховая функция и т.д.).

Полное удаление коры ГМ у разных видов животных показало, что чем выше эволюционное развитие животного, тем тяжелее последствия и серьезнее нарушения в его поведении.

Метод записи биотоков коры – электроэнцефалография различных зон коры мозга при различном физиологическом состоянии животных. Биотоки записывают с помощью – электроэнцефалографов.

Метод условных рефлексов, разработанный И. П. Павловым, открыл пути к изучению головного мозга как сложной целостной функциональной системы. Он является **основным** при изучении процессов в коре больших полушарий.

Кибернетические методы заключаются в том, что математические методы, используемые при анализе работы автоматов и машин, применяются и к анализу деятельности живого организма.

2. ВОПРОС

Безусловные рефлексы (врожденные) – постоянные, сформированы в процессе эволюции и передающиеся по наследству. Раздражители, их вызывающие, также называются **безусловными**.

Виды безусловных рефлексов: пищевые (жевание, сосание, глотание, отделение слюны, желудочного сока и др.); оборонительные (одергивание руки от горячего предмета, кашель, чиханье и др.); половые. Являются основой для УР-сов.

Условные рефлексы (УР-сы) – приобретаются в течение жизни под влиянием внешней среды на базе безусловных, индивидуальные, непостоянные, не передающиеся по наследству. Раздражители, их вызывающие, называются **условными**.

Для образования УР-ов необходимо соблюдение следующих условий: **1.** Одновременное действие условного и безусловного раздражителей. **2.** Действия условного раздражителя должно предшествовать действию безусловного раздражителя за 5–30 с. **3.** Условный раздражитель должен быть слабее безусловного раздражителя. **4.** Действие условного и безусловного раздражителей должно повторяться несколько раз (не менее 5).

Значение имеет и степень возбудимости НЦ безусловного раздражителя (если собака накормлена, возбудимость пищевого центра будет снижена и выработать УР у нее трудно). Также имеет значение и сила условного раздражителя (на очень слабые раздражители УР вырабатывается медленно, а на очень сильные – не образуется, так как они вызывают процесс **запредельного торможения**).

Методики выработки условных рефлексов

1. Классическая (Павловская) слюноотделительная методика. В качестве условного раздражителя используются звуковые и световые сигналы, запах и т. д.

2. Двигательно-оборонительная методика. Безусловным рефлексом в этом случае является оборонительный рефлекс сгибания конечности на раздражение её индукционным током в области плечевого сустава. В качестве условных раздражителей используют звуковые, зрительные раздражители.

3. Двигательно-пищевая методика. Животное свободно перемещается в комнате и на условный раздражитель ему подаётся порция корма при совершении им определённого действия (нажатие на педаль).

Механизм образования условных рефлексов. УР-сы образуются с участием коры больших полушарий после образования **временной связи** между той или иной чувствительной (сенсорной) зоной и корковыми нейронами центров рефлекторных дуг безусловных рефлексов в результате многократного сочетания действия условных и безусловных раздражителей.

При действии условного раздражителя (свет, звук и др.) в сенсорной зоне коры возникает очаг возбуждения. Последующее действие безусловного раздражителя сопровождается возникновением второго очага возбуждения, но уже в моторной зоне коры (известно, что каждый НЦ рефлекторной дуги безусловного рефлекса имеет свое представительство в коре больших полушарий). НЦ безусловного рефлекса возбуждается сильнее и наводит на себя возбуждение сенсорной зоны. В результате многократного сочетания действий условного и безусловного раздражителей и наведения возбуждения, между этими двумя очагами возбуждения устанавливается **временная связь** и они начинают действовать как одно целое (**центр рефлекторной дуги условного рефлекса**). В результате действие только условного раздражителя вызывает возбуждение в обоих очагах и ответную реакцию, соответствующую безус-

ловному рефлексу.

УР-сы имеют большое биологическое значение. С их помощью животные приобретают опыт, помогающий приспособляться и выживать в условиях внешней среды. По условным раздражителям они находят воду, пищу, скрываются от возможных опасностей и т.д. УР-сы обеспечивают их поведение.

При смене условий среды УР-сы могут исчезать в результате торможения, приводящего к ослаблению или прекращению возбуждения в ЦНС. Торможение может быть:

Внешнее – безусловное при действии нового более сильного раздражителя и образовании нового очага возбуждения в коре ГМ, тормозящего старый. Если у собаки на свет был выработан УР (слюноотделительный), то включение звонка одновременно со светом тормозит его. Новый сильный очаг возбуждения в коре от звука звонка вызывает снижение возбудимости в участках коры, связанных со светом. Внешнее торможение не требует выработки и развивается сразу, как только подействует новый, более сильный раздражитель.

Внутреннее – условное – возникает внутри одного и того же нервного центра УР-са при длительном отсутствии подкрепления условного раздражителя безусловным (временная связь также разрушается). Если внешнее торможение возникает сразу, то внутреннее надо вырабатывать, оно возникает при определенных условиях и в течение определенного времени. **Виды условного торможения:**

- **Угасание.** Если условный раздражитель повторяется несколько раз без сопровождения безусловного.

- **Дифференцировка** – вид торможения, когда вместо условного раздражителя, на который выработан УР-с, действует новый условный раздражитель, близкий по характеристикам к первому, но на его действие не был выработан условный рефлекс.

- **Запаздывание.** Когда между началом действия условного раздражителя и подкреплением проходит более или менее значительное время (2-3 мин.), то условный рефлекс отодвигается.

- **Запредельное** – проявляется при чрезмерном увеличении силы или времени действия условного раздражителя. Ответная реакция на него превосходит естественные возможности нейронов коры. В коре возникает охранительное торможение, ащащающее ее нейроны от гибели. При этом УР ослабевает или полностью исчезает. Его можно отнести к внешнему торможению. Оно также может развиваться и тогда, когда раздражитель небольшой силы, но большой длительности, однообразной по характеру.

Динамический стереотип – наличие в коре целой мозаики очагов возбуждения и торможения, которые включаются в определенной последовательности при многократном влиянии стереотипного комплекса раздражителей. Если у животного выработать несколько условных рефлексов и всегда повторять их в строго определенном порядке, то эти рефлексy свяжутся в стройную взаимозависимую систему.

3. ВОПРОС

Тип ВНД – совокупность врожденных и приобретенных свойств НС каждого организма. В основу деления животных на типы ВНД Павлов И.П. положил свойства нервных процессов: силу, уравновешенность и подвижность.

Сила нервных процессов – способность организма сохранять адекватные реакции на сильные и сверхсильные раздражители.

Уравновешенность – сбалансированность в нейронах коры процессов возбуждения и торможения.

Подвижность – скорость перехода процессов возбуждения в торможение и наоборот.

Тип В Н Д во многом определяет особенности поведения животного, его функциональные возможности. Из комбинации перечисленных показателей выделено **4 общих типа** для человека и животных:

1) Тип сильный, неуравновешенный, безудержный (по Гиппократу, холерик). Это смелые, быстро ориентирующиеся, сильно возбудимые животные с ярко выраженной агрессией. УР-сы образуются легко, отличаются постоянством. Дифференцировка раздражителей долго не вырабатывается тренинг сопровождается «протестом».

2) Тип сильный, уравновешенный, подвижный (сангвиник). У животных одинаково хорошо выражены процессы возбуждения и торможения. УР-сы образуются быстро, прочно удерживаются, но легко переделываются. Внешне животные любопытны, быстро и безболезненно реагируют на изменение внешней среды. Наиболее желательный тип для тренинга, дрессуры и комплектования крупных животноводческих комплексов.

3) Тип сильный, уравновешенный, инертный (флегматик) имеет сильные процессы возбуждения и торможения, с плохой подвижностью. УР-сы вырабатываются медленно, но удерживаются стойко. Животные мало доверчивы, испытывают затруднения при перегруппировках и изменениях среды обитания.

4) Тип слабый, тормозной (меланхолик). У таких животных процессы возбуждения и торможения слабые. УР-сы вырабатываются с трудом. Животные всего боятся, плохо приспособляются к условиям внешней среды. Резко выражена пассивно-оборонительная реакция. Тип не пригоден для дрессировки и промышленного содержания.

4. ВОПРОС

Сенсорная система (анализатор) – совокупность рецепторов и нейронов, обеспечивающих восприятие раздражителей внешней и внутренней среды, проведение НИМ от рецепторов в ЦНС и обработку поступившей информации. Различают зрительные, слуховые, вестибулярные, вкусовые, обонятельные и осязательные анализаторы.

Анализатор состоит из 3 отделов: периферический (рецептор), проводниковый (чувствительные нервы, проводящие НИМ от рецепторов в центральный отдел) и центральный (сенсорные зоны коры, где формируется ответная реакция).

Рецепторы – воспринимающие раздражители нервные окончания, специализированные клетки или органы (глаз, ухо). При их раздражении возникают НИМ (потенциалы действия, возбуждение).

НИМ по чувствительным нервам идут в ЦНС (определённые сенсорные зоны коры ГМ, т.е. НЦ, где полученная информация в виде НИМ обрабатывается и формируется соответствующая ответная реакция – зрительные восприятия, слуховые, вкус, запах и т.д.).

Литература:

1. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
2. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Никитин, Ю.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин [и др.]; под ред. Ю.И. Никитина. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 463 с.

ЛЕКЦИЯ 17

Тема: Этология. Формирование поведения животных.

План лекции:

1. Понятие об этологии, история развития, задачи дисциплины.
2. Виды (формы) поведения.
3. Поведенческие реакции.

1. ВОПРОС

Этология – наука о закономерностях и механизмах поведения животных.

Под поведением обычно понимают внешние проявления жизнедеятельности, т.е. различной сложности приспособительные реакции животных, вызванные изменениями условий внешней среды или направленные на обеспечение внутренних потребностей.

В современных условиях очевидна необходимость и целесообразность детального изучения различных форм поведения животных с целью использования их для удовлетворения нужд человека.

Этология делится на:

Общую – изучает основы поведения, влияние на него наследственности, физиологического состояния организма, внешних воздействий.

Частную – изучает биологические формы поведения (движение, ориентация, взаимодействие между особями и др.) различных видов животных: лошадей, крупного рогатого скота, свиней и др.

Основателем сравнительной этологии и зоопсихологии считается Ч. Дарвин. В конце XIX в. сформировались два направления этологии. Одно базировалось на объективном исследовании *инстинктивного поведения* животных (К. Лоренц, Н. Тинберген, Х. Хайнд и др.). Другое было связано с изучением *физиологических закономерностей* поведения, обучения, роли генетического аппарата и ЦНС в инстинктивных и приобретенных формах поведения (И.П. Павлов, П.К. Анохин, Л.В. Крушинский и др.).

Интенсивное развитие этологии связано с появлением промышленного животноводства и птицеводства. Резкие изменения условий кормления и содержания в промышленных комплексах (высокая концентрация животных, скученность, искусственное освещение, технологический шум, частые перегруппировки и др.) привели к значительному снижению адаптационных возможностей животных, нарушению генетически закрепленных форм поведения, падению продуктивности и воспроизводительных способностей, резистентности и появлению массовых болезней. В последние десятилетия сформирован банк данных о свойствах и особенностях высшей нервной деятельности сельскохозяйственных животных (А.Д. Синещев, А.А. Кудрявцев, Э.П. Кокорина, Л.К. Эрнст и др.).

Основные задачи дисциплины:

- познание закономерностей реакций животных на раздражения;
- понимание механизмов обуславливающих, поведение сельскохозяйственных животных;
- приобретение навыков использования знаний этологии в практике животноводства и ветеринарии.

2. ВОПРОС

Пищевое поведение складывается из пицедобывательных действий (выбор корма из кормушки, пастьба), собственно приема корма, его обработки, жвачного процесса (у соответствующих видов животных), дефекации.

На базе безусловных рефлексов (сосание, глотания и др.) у животного вырабатываются индивидуальные УР-сы на вид сосковой поилки и звук работающего конвейера. Пищевые рефлексy определяются количеством и составом корма, наличием аппетита, уровнем обмена веществ и т.д. Изучение пищевого поведения служит надежным критерием оценки условий кормления и содержания животных и их коррекции с целью предупреждения болезней и обеспечения высокой продуктивности.

Оборонительное поведение животных чрезвычайно разнообразно. Оно может проявляться по отношению как к живым объектам (животным, людям), так и к неживым предметам, если они сигнализируют о какой-то угрозе для животного или его потомства. Различают две крайние формы оборонительной реакции: 1) *Пассивная* – включает такие элементы, как бегство, прятание, оцепенение (неподвижность), и 2) *Активная* – нападение на противника, агрессия.

Групповое (социальное) поведение формируется внутри группы животных, когда устанавливаются определенные взаимоотношения, основанные на законах подчинения и господства (доминирования). Любая группа состоит не просто из отдельных животных, а представляет собой целостную структуру – сообщество.

В результате драк и стычек среди животных выявляются особи более высокого ранга (чина) – вожаки и лидеры, и более низкого ранга – подчиненные. Установившаяся социальная иерархия сохраняется достаточно длительное время, и в сообществе налаживаются мирные отношения, но каждое животное занимает свою нишу среди сородичей.

Социальное поведение животных в больших группах требует постоянного контроля. Необходимо предупреждать развитие конфликтов между животными, стараться стабилизировать установившуюся социальную иерархию.

Половое поведение проявляется в период полового созревания. Проявляются половые рефлексy и между животными складываются новые взаимоотношения. Животные становятся легко возбудимыми, драчливыми, у них снижается аппетит и поедаемость корма. С этого времени самцов и самок следует содержать отдельно.

Материнское поведение обеспечивает сохранение, выращивание и обучение потомства. Оно проявляется еще до родов. Беременные животные становятся спокойными, много отдыхают, избегают контакта с другими животными. Во время родов матери способны самостоятельно позаботиться о новорожденном, и ветеринарная помощь нужна лишь в трудных случаях. Материнские инстинкты включают в себя облизывание детеныша, массаж его тела, помощь в поднятии на ноги и отыскании вымени, охрану. Материнское поведение очень хорошо выражено у всех видов сельскохозяйственных животных и птиц.

Комфортное поведение – это реакции животных, направленные на создание для себя наиболее благоприятных условий жизни. К этому типу поведенческих актов относятся выбор места для отдыха, удобная поза, купание в воде, валяние в грязи или песке, поиск укрытий в непогоду, почесывание кожи и др.

Исследовательское поведение – одна из важнейших форм поведения, позволяющая изучать и оценивать окружающую среду. Оно включает ориентировочные реакции на восприятие раздражителя и манипуляторно-

исследовательское поведение (животное оценивает обстановку определенным образом воздействуя на изучаемые объекты (облизывание, переворачивание, захват зубами и др.).

Существуют и многие другие формы поведения животных (запоминание пути к дому, ориентация при миграции, игровое поведение и т.д.).

3. ВОПРОС

Поведение животных – сочетание врожденных форм поведения и индивидуально приобретенного опыта.

Поведенческие реакции, свойственные данному виду животных и передающиеся по наследству, называются **инстинктами**. Все вышеописанные формы поведения (пищевые, половые, социальные и др.) базируются на инстинктах.

У лошадей и жвачных рождённое потомство настолько сформировано, что уже в первые часы после родов может самостоятельно отыскать сосок вымени, сосать и двигаться вслед за матерью. У свиней новорожденные менее зрелые, но и у них есть рефлекс сосания.

Врожденным является и поведение самок перед и во время родов (формирование гнезда, облизывание и др.).

К врожденным формам поведения относятся **эмоции** (проявление восторга, радости, дружелюбия, боязни, угнетения, горя, страха, гнева, злобы и др.), свойственные всем видам животных, которые сопровождаются типичными движениями, изменением голоса, мимикой.

Приобретенные (индивидуальные) формы поведения складываются из их способности к обучению.

Обучение – формирование поведения животных в процессе их индивидуального развития с первых дней жизни. Основная роль здесь принадлежит внешней среде. В процессе обучения на базе врожденных инстинктов у животных возникают и закрепляются новые – УР-сы (выделение слюны на звук и внешний вид агрегата, беспокойство, выстраивание вдоль кормушек).

Иногда у животных вырабатываются не полезные, а вредные рефлексy. К этому приводит неправильное обращение (побои, грубый окрик, причинение боли), особенно во время кормления или доения. В таких случаях у молочных коров, например, затормаживаются пищевые, половые, лактационные рефлексy и снижается продуктивность. Спокойное, доброжелательное отношение к животному предотвращает эти явления.

В обучении важное место занимают **импринтинг** (запечатление) и **подражание**.

Импринтинг – запоминание окружающих предметов и обстановки (сливаются врожденные формы поведения и индивидуально приобретенные условные реакции). Детеныши запоминают мать, различные предметы, место обитания. Утята, гусята и цыплята следуют за матерью, а если вместо матери перед ними идет человек, происходит запечатление, и они двигаются за ним, как за матерью. Также и родители «запоминают» своих детенышей и отличают их от чужих. У некоторых видов животных импринтинг по отношению к детенышам не столь силен, и они «принимают на воспитание» чужих, но раз запомнив, покормив и облизав, они уже считают их своими.

Большое значение имеет импринтинг в формировании группового поведения: каждое животное в группе запоминает других животных и их социальный ранг, что приводит к спокойному, бесконфликтному поведению.

Подражание – другая форма обучения. Подражая матери или другим животным, молодняк обучается выбирать и принимать корм, правилам поведения внутри группы. Ему способствует игровая форма поведения. В играх со сверстниками или взрослыми животными отрабатываются элементы взрослого поведения - охоты, нападения, защиты.

Подражать могут и взрослые животные. Так, во время пожара в конюшне лошади легко поддаются панике и скучиваются, не желая выходить из помещения.

Иногда подражание приводит к вредным привычкам. Примером может быть извращенный рефлекс сосания, когда коровы высасывают молоко у себя или у других коров. Такая порочная привычка быстро распространяется среди животных, и борьба с ней безрезультатна, поэтому корову, у которой проявился такой порок, следует немедленно изолировать.

Животным свойственна и **элементарная рассудочная деятельность** (но она ещё недостаточно изучена). Они улавливают простейшие эмпирические законы, выведенные из собственного опыта, связывающие предметы и явления окружающей среды, и способны оперировать ими при построении своего поведения.

Таким образом, уже с рождения у животных развивается сознание, т.е. восприятие текущих событий окружающей действительности, что является основным компонентом его поведения, направленного на выживание (инстинкт самосохранения). Однако для принятия правильного решения животное должно иметь информацию и о своем месте в среде обитания на основе индивидуального опыта.

Итак, поведение животных строится на базе трех основных компонентов высшей нервной деятельности: *инстинктах, обучаемости и рассудке*.

Литература:

1. Пакулев, Б. Н. Этология сельскохозяйственных животных: учебное пособие/Б.Н. Пакулев; под ред. Е.Н. Панова. – М., «Колос», 1977. – 304 с.

2. Дойлидов, В. А. Основы этологии животных: учебное пособие / В.А. Дойлидов [и др.]; под ред. А.Ф. Трофимова, Н.А. Садовой. – Минск: Электроперспектива, 2008. – 164 с.

ЛЕКЦИЯ 18

Тема: Особенности поведения свиней.

План лекции:

1. Особенности поведения свиней в предприятиях промышленного типа.
2. Поведение свиноматок (св/маток).
3. Поведение хряков.
4. Поведение свиней на откорме.
5. Поведение поросят.

1. ВОПРОС

Свиньи могут быстро успокаиваться и беспричинно возбуждаться. У них слабое зрение, но очень хорошо развитый слух. Они очень чувствительны к колебаниям t° -ры.

В группах свиней формируется **линейная доминантная иерархия**. Сильнее всего она выражена в период кормления животных (недостаток фронта кормления, ограниченные рационы). Около 90% агрессии наблюдается именно в этот период. При достаточном фронте кормления все животные едят одинаково, но с уменьшением количества корма начинается борьба и более сильные отгоняют от кормушки слабых, занимая лучшие места у «стола». Ранговый порядок зависит и от числа животных. Включение новых особей и увеличение численности группы (что часто бывает на откорме и при выращивании ремонтного поголовья) дестабилизирует иерархию. Новички, как правило, подчиняются «старожилам». Свинки всегда занимают подчиненное положение, а хрячки (даже после кастрации) могут вступать в борьбу и выбиваться в лидеры. Также, повторное возвращение лидера в течение 15-20 дней, не мешает ему занять прежнее место в иерархии. Большое значение в иерархии имеет и порода. При содержании в одном станке свиней разных пород драки и столкновения между ними наблюдаются на протяжении всего периода их содержания. Свиньи **крупной белой породы** более агрессивны, чем крупной черной породы, ландрас и кахибы. Создать спокойную обстановку в группе можно при сходстве биологических параметров (хорошее здоровье, равный возраст и масса тела, принадлежность к одной породе).

Из факторов среды наиболее сильное влияние на поведение и продуктивность свиней оказывает **t° -ра**. Низкие t° -ры усиливают двигательную активность, свиньи меньше лежат и пьют, чаще вступают в борьбу за теплые участки логова, почти не лежат на решетках пола.

Более чувствительны к $\downarrow t^{\circ}$ -рам маленькие поросята из-за несовершенства терморегуляции. Они теряют тепло через пол, путем радиации и конвекции. Частая смена положений, беспричинное движение, скученность, видимая дрожь свидетельствуют о дискомфорте. Они сбиваются в кучи после каждого кормления. Особенно опасны $\downarrow t^{\circ}$ -ры в первые часы после рождения. Применение обильной подстилки значительно облегчает ситуацию. Но более целесообразно применение локального обогрева ИК лампами.

$\uparrow t^{\circ}$ -ры (более 27-30 $^{\circ}$ C) вызывают угнетение, вялость, падение аппетита, нарушение обмена веществ. В поисках прохладного места животные беспокоят друг друга, часто ложатся над навозоприемным каналом.

В свиноводческих помещениях самая высокая **концентрация вредных газов** (аммиака и CO₂). Аммиак напрямую способствует повышению агрессии (беспричин-

ные драки, нарушения сложившейся иерархии, проявление каннибализма). Особенно чувствительны к нему молодняк и супоросные св/матки.

Освещённость. Низкая освещённость не имеет существенного значения для откормочного поголовья. Свиньи на откорме отдыхают 78- 88% времени, что способствует ↑ СС прироста (на 12-15%), лучшему использованию корма (на 8-10%), жиरोотложению, высокому убойному выходу.

А для ремонтного поголовья, хряков и св/маток низкая освещённость нежелательна, т.к. это приводит к снижению качества спермопродукции, потенции, мышечного тонуса, половой цикличности и репродуктивной функции.

Полы заметно влияют на поведение, т.к. свиньи постоянно контактируют с ними. В свиноводческих помещениях чаще делают решетчатые полы, способствующие значительным теплопотерям, переохлаждению при лежании, увеличение затрат кормов на единицу прироста, дестабилизации иерархии (оптимальное соотношение сплошного и решетчатого пола 2,2:1).

Приём корма. Жидкие корма (вода/сух.к/м 3:1) свиньи едят в 2-2,5 раза быстрее, чем сухие, увеличивающие поение до 9-11 раз (влажной – 2-3 раза). Жидкие корма сокращают активность и увеличивают время отдыха.

Шум. Оборудование, различные виды работ являются источником шума (иногда сильного и длительного). Он выступает как стресс-фактор, вызывая тревогу, беспокойство, снижение аппетита (особенно у животных со слабой НС и легковозбудимых), что отражается на продуктивности, здоровье, репродукции.

Степень воздействия шумов зависит от их длительности. К постоянным монотонным шумам животные привыкают. Короткие шумы, без равномерного периода звучания, оказывает вредное воздействие.

2. ВОПРОС

В состоянии **ПОх** свинки ведут себя беспокойно, мало едят и пьют, вспрыгивают на других животных, часто хрюкают, обнюхивают соседей. После оплодотворения половое влечение и беспокойство исчезают. В течение супоросности и первых дней после опороса проявляется безразличие к хрякам.

Перед опоросом св/матки начинают проявлять беспокойство, пытается соорудить гнездо, часто ложатся и встают, издают характерное слабое похрюкивание. За сутки до опороса и после него ухудшается аппетит, появляется жажда. Схватки сопровождаются переступанием передними ногами, скрипом зубов, подергиванием хвоста. Перед опоросом св/матка обычно ложится на бок. Во время опороса проявляет повышенную нервозность (у свинок с 1-й супоросностью она выражена больше). Иногда после появления поросенка св/матка встает или принимает позу сидячей собаки. После родов она успокаивается, лежит и вскармливает поросят. Нередко св/матка (чаще молодая) пытается кусать поросят, когда они оказываются за её спиной. Вмешательство человека в этом случае может раздражать и возбуждать её. Она побуждает поросят к сосанию (созывает их, издавая «мягкое», ритмичное похрюкивание на низких тонах). Перед выделением молока хрюканье свиноматки учащается и затихает в момент молокоотдачи. Обычно св/матки хорошо выставляют соски нижнего ряда. Но иногда при лежании соски нижнего ряда (3-4) подминаются и недоступны для поросят. Это приводит к скученности поросят у передней части железы (поэтому важно закрепить их за свободными сосками и вовремя пересадить в другое гнездо тех, кому их не хватает).

Св/матки с поросятами ведут себя довольно спокойно, но часто стараются защитить своё потомство если их тревожат. Они хорошо распознают своих поросят по запаху, поэтому чужих поросят подсаживают в первый день жизни. Если это приходится делать позже, то их содержат несколько часов с «родным» приплодом или разбрызгивают на всех поросят какой-либо пахучий раствор.

3. ВОПРОС

Содержание хряков рядом со свинками способствует лучшему проявлению половой активности, чем при изолированном выращивании. Мотивация улучшает проявление половых рефлексов и формирует спокойный нрав.

Стимул половой активности хряков исходит от самок, которые своим поведением (характерной позой), звуковыми и обонятельными сигналами привлекают хряка. За св/матками в ПОх он ухаживает (обнюхивает, трет носом её бок, становится голова к голове, устраивает притворные драки, издает характерное похрюкивание, взбивает челюстями пену). Ухаживание сокращается при проявлении у св/матки рефлекса неподвижности. В это время происходит эрекция и хряк делает садку.

При искусственном осеменении хряки охотно делают садку на чучело с тем же «ритуальным обрядом». Чтобы поддерживать половую активность хряков на высоком уровне, чучело укрывают шкурой св/матки, убитой в состоянии охоты (выделяемые шкурой феромоны активизируют половую активность). У хряков быстро вырабатывается рефлекс на время и место посещения манежа для взятия спермы или на станок для осеменения. Хряки-производители затрачивают: на еду - 3-5% времени в сутки, движение - 19-25% и отдых - 71-75%.

4. ВОПРОС

Поведение откормочного поголовья наиболее стабильно. В течение откорма увеличивается время лежания, снижается двигательная активность. В первые 2-3 недели после формирования групп активность достаточно высокая (устанавливается иерархия, идет распределение мест в помещении).

Подсвинки массой 40 кг двигаются на 30-40% времени больше, чем с весом в 90 кг. Они тратят больше времени и на еду. Даже при достаточном фронте кормления лидеры предпочитают среднюю часть кормушки. Около 80 % поголовья имеют свои места у «стола». Драки за место у кормушки происходят при недостатке фронта кормления (когда поголовье не может принимать корм одновременно). При этом слабые животные, пытаясь втиснуться, бегают вдоль кормушки, что беспокоит всю группу. Свинки едят на 10-15% меньше корма, чем кабанчики, но ведут себя менее спокойно. Их активное поведение связано с половым созреванием.

Увеличение численности поголовья ↑ двигательную активность и ↓ время на отдых и приём пищи. Даже при достаточном фронте кормления и оптимальной площади помещения в больших группах чаще возникает иерархическая нестабильность, каннибализм (откусывание хвостов и ушей). С уменьшением численности групп создается более спокойная этологическая обстановка.

5. ВОПРОС

Новорожденный поросенок уже через несколько минут становится на ноги и пытается захватить сосок ближе к голове матери. Чем дольше время опороса, тем больше разница во времени между принятием пищи первыми и последними поросятами, которым приходится затрачивать больше энергии, чтобы захватить сосок. Т.о., растянутые опоросы (у старых св/маток) ведут к появлению слабо жизнеспособных поросят.

После рождения в течение 3-6 дней идет интенсивная борьба за распределение сосков вымени, причем в малопомётных гнездах порядок устанавливается на 2-3 дня раньше. Более крепкие и рождённые в числе первых поросята становятся лидерами и обычно закрепляются за передними сосками (они имеют лучшую молочность, более безопасны для поросят, меньшая вероятность мастита). Слабым поросётам достаются маломолочные соски и далее на доразвивании – худшие места у кормушек и для отдыха, что плохо сказывается на их продуктивности и сохранности. Поросята чаще сосут днём. С возрастом частота сосания уменьшается с 23-25 до 12-13 раз (5 неделя), но длительность остаётся стабильной (180-250 мин в сутки). Поросята малоплодных помётов (5-7 голов) сосут реже. В период кормления поросята затихают, прекращается движение и толкание вымени. Общее время отдыха (лежание) поросят к месячному возрасту уменьшается, а активность увеличивается (особенно на неё влияет t°).

Подрастая, поросята больше времени затрачивают на «игры», меньше спят, имитируют поведение взрослых. Животные низшего ранга, больше двигаются. Недостаток молока в последних сосках стимулирует борьбу за более молочные, которую они проигрывают, затратив много энергии и теряя упитанность.

После отъёма активность поросят возрастает в 2-2,5 раза в течение 3-4 недель (смена обстановки, установления нового ранжирования (если после отъёма их содержат не гнездами)), а затем постепенно снижается и стабилизируется к концу 3-4 недели жизни.

Несмотря на большое число драк днём, ночью поросята ложатся, плотно прижавшись друг к другу, стремясь сохранить тепло (уменьшая площадь поверхности тела для теплоотдачи).

При формировании групп для доразвивания нужно подбирать поросят-аналогов по живой массе с последующей обработкой сформированных групп пахучим веществом для «стирания» обонятельных различий. Такой подход сокращает гибель поросят в среднем на 16%.

В период доразвивания поросята 65-79% времени суток затрачивают на отдых, 10-12% - на прием корма и воды, остальное время - на двигательную активность. Около 60-70% поголовья уже в первый месяц имеют привязанность к определенным местам отдыха и кормления, у 10-15% животных она не возникает вообще. С возрастом животные лидеры тратят больше времени на приём корма и воды.

Испражняются поросята в основном на влажных участках помещения. В станках проявляется рефлекс «мечения территории», когда поросята испражняются по периметру станка. При повышенной t° -ре воздуха в помещении (выше 26 °С) они испражняются по всей площади станка. В загрязненном логове уменьшается время спокойного отдыха животных.

Литература:

1. Пакулев, Б. Н. Этология сельскохозяйственных животных: учебное пособие/Б.Н. Пакулев; под ред. Е.Н. Панова. – М., «Колос», 1977. – 304 с.
2. Дойлидов, В. А. Основы этологии животных: учебное пособие / В.А. Дойлидов [и др.]; под ред. А.Ф. Трофимова, Н.А. Садовой. – Минск: Электроперспектива, 2008. – 164 с.