

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова»**

# **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ФИЗИОЛОГИИ**

**краткий курс лекций**

Направление подготовки  
**06.01.01 Биологические науки**

Профиль подготовки  
**Физиология**

**Саратов 2015**

УДК 575.8  
ББК 74.264  
П88

Рецензенты:

Профессор, д.м.н. кафедры «Земельного и экологического права» ФГБОУ ВПО  
«СГЮА»  
*Махонько Н.И.*

Профессор, д.в.н. кафедры «Болезни животных и ВСЭ», ФГБОУ ВПО «Саратовский  
ГАУ»  
*Д.В. Кривенко*

П88 Методы исследований в физиологии: краткий курс лекций для аспирантов II  
курса специальности (направления подготовки) 06.01.01 Биологические науки  
/ Сост.: Н.А. Пудовкин // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014.  
– 78 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в физиологии» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 06.01.01 Биологические науки. Краткий курс лекций содержит сведения об основных методах в физиологии.

УДК 575.8  
ББК 74.264

© Пудовкин Н.А., 2014  
© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014

### **Введение.**

Физиология — биологическая наука, предметом изучения которой являются жизнедеятельность организма. Физиология изучает механизмы осуществления функций организма, их взаимосвязи между собой, регуляцию и приспособление организма к условиям внешней среды в процессе эволюции.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в физиологии» дает представление об основных закономерностях, лежащих в основе физиологических процессов, происходящих в живом организме, в их развитии и взаимодействии с внешней средой, что необходимо для овладения научными основами современной технологии животноводства и успешного проведения зоотехнических и ветеринарных мероприятий.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в физиологии» предназначен для аспирантов направления подготовки 06.06.01-Биологические науки, профиль – Физиология.

## Лекция 1

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ФИЗИОЛОГИИ КАК НАУКА

#### 1.1. Классификация физиологических методов

*Метод наблюдения* – самый древний, зародился в Др. Греции, хорошо развит был в Египте, на Др. Востоке, в Тибете, в Китае. Суть этого метода заключается в длительном наблюдении изменений функций и состояний организма, фиксирование этих наблюдений и по возможности сопоставление визуальных наблюдений с изменениями организма после вскрытия. В Египте при мумифицировании трупы вскрывались, наблюдения жреца за больным: изменения кожных покровов, глубина и частота дыхания, характер и интенсивность выделений из носа, ротовой полости, а также объем и цвет мочи, ее прозрачность, количество и характер выделяемого кала, его цвет, частота пульса и другие показатели, которые сопоставлялись с изменениями во внутренних органах, фиксировались на папирусе. Таким образом уже по изменению выделяемых организмом кала, мочи, мокроты и т.д. можно было судить о нарушении функций того или иного органа, например, если кал белого цвета допустимо предполагать нарушение функций печени, если кал черного или темного цвета, то возможно предположить желудочного или кишечное кровотечение. Дополнительным критерием служили изменения цвета и тургора кожи, отечность кожи, ее характер, окраска склера, потливость, дрожь и т.д.

Гиппократ к наблюдаемым признакам относил характер поведения. Благодаря своим тщательным наблюдениям им было сформулировано учение о темпераменте, согласно которому все человечество по особенностям поведения делится на 4 типа: холерики, сангвиники, флегматики, меланхолики, однако Гиппократ ошибся в физиологическом обосновании типов. В основу каждого типа им было положено соотношение основных жидкостей организма: сангви – кровь, флегма – тканевая жидкость, холеа – желчь, меланхолеа – черная желчь. Научное теоретическое обоснование темпераментов было дано Павловым в результате длительных экспериментальных исследований и оказалось, что в основе темперамента лежит не соотношение жидкостей, а соотношение нервных процессов возбуждения и торможения, степень их выраженности и преобладание одного процесса над другим, а также скорость смены одного процесса другими.

Метод наблюдения широко используется в физиологии (особенно в психофизиологии) и в настоящее время метод наблюдения сочетается с методом хронического эксперимента.

*Метод эксперимента.* Физиологический эксперимент в отличие от простого наблюдения – это целенаправленное вмешательство в текущее отправление организма, рассчитанное на выяснение природы и свойств его функций, их взаимосвязей с другими функциями и с факторами внешней среды. Также вмешательство часто требует хирургической подготовки животного, которое может носить: 1) острую (вивисекционную, от слова *vivo* – живое, *seksia* – секу, т.е. секу по живому), 2) хроническую (экспериментально-хирургическую) формы.

В связи с этим эксперимент подразделяют на 2 вида: острый (вивисекция) и хронический. Физиологический эксперимент позволяет ответить на вопросы: что происходит в организме и как происходит.

Вивисекция представляет собой форму эксперимента, проводимую на обездвиженном животном. Впервые вивисекция начала применяться в средние века, но широко стала внедряться в физиологическую науку в эпоху Возрождения (XV-XVII в). Наркоз в то время не был известен и животное жестко фиксировалось за 4 конечности, при этом оно испытывало мучения и издавало душераздирающие крики. Эксперименты проводились в специальных комнатах, которые народ окрестил «дьявольскими». Это послужило причиной появления философских групп и течений. Анимализм (течения, пропагандирование гуманного отношения к животным и выступление за прекращение издевательств над животными, анимализм пропагандируется в настоящее время), витализм (ратовало за то, не проводились эксперименты на ненаркотизированных животных и волонтерах), механицизм (отожествляли правильно протекающие в животном с процессами в неживой природе, ярким представителем механицизма был французский физик, механик и физиолог Рене Декарт), антропоцентризм.

Начиная с XIX века в остром эксперимента стали применять наркоз. Это привело к нарушению процессов регуляции со стороны высших отделов ЦНС, в результате нарушается целостность реагирования организма и его связь с внешней средой. Такое применение наркоза и хирургическая травля при вивисекции вносит в острый эксперимент неконтролируемые параметры, которые трудно учесть и предвидеть. Острый эксперимент, как и любой экспериментальный метод, имеет свои достоинства: 1) вивисекция – один из аналитических методов, дает возможность моделировать разные ситуации, 2) вивисекция дает возможность получать результаты в относительно короткий срок; и недостатки: 1) в остром эксперименте отключается сознание при применении наркоза и соответственно нарушается целостность реагирования организма, 2) нарушается связь организма с окружающей средой в случае применения наркоза, 3) при отсутствии наркоза идет неадекватный нормальному физиологическому состоянию выброс стрессорных гормонов и эндогенных (вырабатываемых внутри организма) морфиноподобных веществ эндорфинов, оказывающих обезболивающий эффект.

Все это способствовало разработке хронического эксперимента – длительного наблюдения после острого вмешательства и восстановления взаимоотношений с окружающей средой. Преимущества хронического эксперимента: организм максимально приближен к условиям интенсивного существования. Некоторые физиологи к недостаткам хронического эксперимента относят то, что результаты получаются в относительно длительный срок.

Хронический эксперимент впервые был разработан отечественным физиологом И.П. Павловым, и, начиная с конца XVIII века, широко применяется в физиологических исследованиях. В хроническом эксперименте используется ряд методических приемов и подходов.

Метод, разработанный Павловым – метод наложения фистул на полые органы и на органы, имеющие выводные протоки. Родоначальником фистульного метода был Басов, однако при наложении фистулы его методом, содержимое желудка попадало в пробирку вместе с пищеварительными соками, что затруднило изучение состава желудочного сока, этапов пищеварения, скорости протекания процессов пищеварения и качества отделяемого желудочного сока на различный состав пищи.

Фистулы могут накладываться на желудок, протоки слюнных желез, кишечник, пищевод и др. Отличие павловской фистулы от басовской состоит в том, что Павлов накладывал фистулу на «малый желудочек», сделанный искусственно хирургическим путем и сохраняющий пищеварительную и гуморальную регуляцию. Это позволило

Павлову выявить не только качественный и количественный состав желудочного сока на принимаемую пищу, но и механизмы нервной и гуморальной регуляции пищеварения в желудке. Кроме того, это позволило Павлову выявить 3 этапа пищеварения:

1) условнорефлекторный – при нем выделяется аппетитный или «запальный» желудочный сок;

2) безусловнорефлекторная фаза – желудочный сок выделяется на поступившую пищу независимо от ее качественного состава, т.к. в желудке располагаются не только хеморецепторы, но и мехорецепторы, реагирующие на объем пищи,

3) кишечная фаза – после того как пища попадает в кишечник, то пищеварение усиливается.

За свои работы в области пищеварения Павлов был удостоен Нобелевской премии.

*Гетерогенные нервно-сосудистые или нервно-мышечные анастенозы.* Это изменение эффекторного органа в генетически детерминированной нервной регуляции функций. Проведение таких анастеноз позволяет выявить отсутствие или наличие пластичности нейронов или нервных центров в регуляции функций, т.е. может ли седалищный нерв с остатком позвоночника управлять дыхательной мускулатурой.

При нервно-сосудистых анастенозах эффекторными органами являются кровеносные сосуды и соответственно расположенные в них хемо- и барорецепторы. Анастенозы могут выполняться не только на одном животном, но и на разных животных. Например, если сделать анастеноз нервно-сосудистый у двух собак на каротидную зону (разветвление дуги сонной артерии), то можно выявить участи различных отделов ЦНС в регуляции дыхания, кроветворения, сосудистого тонуса. При этом режим вдыхаемого воздуха изменяют у донной собаки, а регуляцию видят у другой.

*Пересадка различных органов. Подсадка и удаление органов или различных участков мозга (экстирпация).* В результате удаления органа создают гипофункцию той или иной железы, в результате подсадки создают ситуацию гиперфункции или избытка гормонов той или иной железы.

Экстирпация различных участков головного мозга и коры головного мозга выявляют функции этих отделов. Например, при удалении мозжечка было выявлено его участи в регуляции движения, в поддержании позы, статокINETических рефлексов.

Удаление различных участков коры головного мозга позволило Бродману картировать мозг. Он разделил кору на 52 поля по функциональным отправлениям.

*Метод перерезки головного спинного мозга.* Позволяет выявить функциональную значимость каждого отдела ЦНС в регуляции соматических и висцеральных функций организма, а также в регуляции поведения.

*Вживление электронов в различные участки мозга.* Позволяет выявить активность и функциональную значимость той или иной нервной структуры в регуляции функций организма (двигательных функций, висцеральных функций и психических). Electroды, вживляемые в мозг, делаются из инертных материалов (т.е. они должны быть интоксичными): платина, серебро, палладий. Electroды позволяют не только выявлять функцию того или иного участка, но и наоборот, зарегистрировать в каком участке мозга появление вызывает потенциал (ВТ) в ответ на те или иные функциональные отправления. Микроэлектродная техника дает человеку возможность изучить физиологические основы психики и поведения.

*Вживление канюль (микро).* Перфузия – пропускание растворов различного химического состава по нашему компоненту или по наличию в нем метаболитов (глюкоза, ПВК, молочная кислота) или по содержанию биологически активных веществ (гормоны, нейрого르몬ы, эндорфины, энкефамины и др.). Канюль позволяет вводить растворы с разным содержанием в ту или иную область мозга и наблюдать изменение функциональной активности со стороны двигательного аппарата, внутренних органов или поведения, психологической деятельности.

Микроэлектродная технология и конюлирование применяются не только на животных, но и на человеке во время хирургических операций на мозге. В большинстве случаев это делается с диагностической целью.

*Введение меченых атомов и последующее наблюдение на позитронно-эмиссионном томографе (ПЭТ).* Чаще всего вводят аура-глюкозу, меченную золотом (золото+глюкоза). По образному выражению Грине, универсальным донором энергии во всех живых системах является АТФ, а при синтезе и ресинтезе АТФ основным энергетическим субстратом является глюкоза (ресинтез АТФ может так же происходить из креатин-фосфата). Поэтому по количеству потребляемой глюкозы судят о функциональной активности того или иного участка мозга, о его синтетической активности.

Глюкоза потребляется клетками, а золото не утилизируется и накапливается в этом участке. По разноактивному золоту, его количеству судят о синтетической и функциональной активности.

*Стереотаксические методы.* Это методы, при которых проводятся хирургические операции по вживлению электродов в определенной области мозга в соответствии со стереотаксическим атласом мозга с последующей регистрацией отведенных быстрых и медленных биопотенциалов, с регистрацией вызванных потенциалов, а также регистрацией ЭЭГ, миограммы.

При постановке новых целей и задач одно и тоже животное можно использовать в течение длительного времени наблюдения, изменения расположения микроэлементов или перфузируя различные области мозга или органы различными растворами, содержащими не только биологически активные вещества, но и металоиды, энергетические субстраты (глюкоза, креатинфосфат, АТФ).

*Биохимические методы.* Это большая группа методик, с помощью которых в циркулирующих жидкостях, тканях, а иногда и органах, определяют уровень катионов, анионов, ненонированных элементов (макро и микроэлементов), энергетических веществ, ферментов, биологически активных веществ (гормоны и др.). Эти методы применяются как *in vivo* (в инкубаторах) или в тканях, которые продолжают секретировать и синтезировать вырабатываемые вещества в инкубационную среду.

Биохимические методы позволяют оценивать функциональную активность того или иного органа или его части, а иногда и целой системы органов. Например, по уровню 11-ОКС можно судить о функциональной активности пучковой зоны коры надпочечников, но по уровню 11-ОКС можно судить и о функциональной активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. В целом, поскольку 11-ОКС является конечным продуктом периферического звена коры надпочечников.

*Методы изучения физиологии ВНД.* Психическая работа мозга долго оставалась недоступной для естествознания в целом и для физиологии в частности. Главным образом потому, что о ней судили по ощущениям и впечатлениям, т.е. с помощью субъективных методов. Успех в этой области знаний определился тогда, когда о психической деятельности (ВНД) стали судить с помощью объективного метода

условных рефлексов разной сложности выработки. В начале XX века Павловым была разработана и предложена методика выработки условных рефлексов. На основе этой методики возможны дополнительные приемы изучения свойств ВНД и локализации процессов ВНД в головном мозге. Из всех приемов наиболее часто используются следующие приемы:

Пробы возможности образования разных форм условных рефлексов (на высоту тона звука, на цвет и т.д.), что позволяет судить о условиях первичного восприятия. Сопоставления этих границ у животных разных видов позволяет выявить: в каком направлении шла эволюция сенсорных систем ВНД.

Онтогенетическое изучение условных рефлексов. Сложное поведение животных разных возрастов при его изучении позволяет установить, что в этом поведении является врожденным, а что приобретенным. Например, Павлов брал щенков одного помета и вскармливал одних мясом, а других молоком. По достижению зрелого возраста вырабатывал у них условные рефлексы, и оказалось, что у тех собак, которые с детства получали молоко, условные рефлексы вырабатывались на молоко, а у тех собак, которых с детства кормили мясом, условные рефлексы легко вырабатывались на мясо. Таким образом, строгого предпочтения виду плотоядной пищи у собак нет, главное, что бы она была полноценной.

Филогенетическое изучение условных рефлексов. Сравнивая свойства условнорефлекторной деятельности животных разного уровня развития, можно судить: в каком направлении идет эволюция ВНД. Например, оказалось, что скорость образования условных рефлексов резко от беспозвоночных и позвоночных, сравнительно мелко изменяется на протяжении всей истории развития позвоночных и скачком достигает способностей человека сразу связывать ?, совпавшие события (импринтинг), импринтинг также свойственен выводковым птицам (вылупившиеся из яйца утята могут следовать за любым предметом: курица, человек и даже за движущейся игрушкой). В переходах беспозвоночные животные – позвоночные животные, позвоночные животные – человек отразились переломные этапы эволюции, связанные с возникновением и развитием ВНД (у насекомых нервная система неклеточного типа, у кишечнополостных – ретикулярного типа, у позвоночных – трубчатого типа, у птиц появляются бальные ганглии, некоторые обуславливают высокое развитие условнорефлекторной деятельности. У человека хорошо развита кора больших полушарий, что и обуславливает скачек.

Экологическое изучение условных рефлексов. Потенциал действия, возникающий в нервных клетках, участвующих в образовании рефлекторных связей, позволяет выявить основные звенья условного рефлекса.

Особенно важно то, что биоэлектронные показатели дают возможность наблюдать формирование условного рефлекса в структурах мозга еще до того, как он появится в двигательных или вегетативных (висцеральных) рефлексах организма. Прямое раздражение нервных структур мозга позволяет ставить модельные опыты по образованию нервных связей между искусственными очагами возбуждения. Можно также прямо определять, как изменяется при условном рефлексе возбудимость участвующих в нем нервных структур.

Фармакологическое действие при формировании или переделке условных рефлексов. Вводя в мозг определенные вещества можно определить, какое влияние они имеют на скорость и прочность образования условных рефлексов, на способность к переделке условного рефлекса, что позволяет судить о функциональной подвижности ЦНС, а также на функциональное состояние нейронов коры и их работоспособность.



Например, было выявлено, что кофеин обеспечивает образование условных рефлексов при высокой работоспособности нервных клеток, а при низкой их работоспособности даже небольшая доза кофеина делает возбуждение непосильным для нервных клеток.

Создание экспериментальной патологии условно-рефлекторной деятельности. Например, хирургическое удаление височных долей коры больших полушарий ведет к психической глухоте. Методом экстирпации выявляется функциональная значимость участков коры, подкорки и стволовых отделов мозга. Таким же образом определяют локализацию корковых концов анализаторов.

Моделирование процессов условно-рефлекторной деятельности. Еще Павлов привлекал математиков для того, чтобы выразить формулой количественную зависимость образования условного рефлекса от частоты его подкрепления. Оказалось, что большинства здоровых животных, включая человека, условный рефлекс вырабатывался у здоровых людей после 5 подкреплений безусловным раздражителем. Особенно это важно в служебном собаководстве и в цирке.

Сопоставление психологических и физиологических проявлений условного рефлекса. Поддержка произвольного внимания, полета, эффективность обучения.

Сопоставление психологических и физиологических проявлений с биоэлементами и морфологическими с биокинетическими: выработка белков памяти (S-100) или участков биологически активных веществ в формировании условных рефлексов. Доказано, что если ввести вазопрессии, то условные рефлексы вырабатываются быстрее (вазопрессии – нейро-гормон, вырабатываемый в гипоталамусе). Морфологические изменения структуры нейрона: голый нейрон при рождении и с денуритами у взрослого человека.

#### *Вопросы для самоконтроля*

- 1) Какие методы изучения физиологии Вы знаете?
- 2) Классификация физиологических методов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.

7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

*Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 2

### АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

#### 2.1. Схема связей между приборами и объектами исследования

Успехи современной физиологии в изучении функций целостного организма, его систем, органов, тканей и клеток во многом обусловлены широким внедрением в практику физиологического эксперимента электронной техники, анализирующих устройств и электронных вычислительных машин, а также биохимических и фармакологических методов исследования. В последние годы в физиологии качественные методы дополняют количественными, что позволяет определять изучаемые параметры различных функций в соответствующих единицах измерения. Совместно с физиологами в разработке новых методических подходов участвуют физики, математики, инженеры и другие специалисты.

Быстрое совершенствование электронной техники открыло новые пути для познания многих физиологических процессов, что ранее было принципиально невозможно.

Создание разнообразных систем датчиков, преобразующих неэлектрические процессы в электрические, совершенствование измерительной и регистрирующей аппаратуры позволили разработать новые, высокоточные методы объективной регистрации (например, биотелеметрия) физиологических функций, что в значительной мере расширило возможности эксперимента.

При исследовании физиологических функций с использованием различной аппаратуры в эксперименте и клинике формируют своеобразные системы. Их можно разделить на две группы: 1) системы для *регистрации* различных проявлений жизнедеятельности и анализа полученных данных и 2) системы для *воздействия* на организм или его структурно-функциональные единицы.

Для того, чтобы наглядно представить взаимодействия отдельных элементов системы, необходимо рассмотреть их в виде блок-схем. Такие блок-схемы и их символы удобно использовать студентам для иллюстрации протоколов экспериментов во время практических занятий. По нашему мнению, подобная форма изображения хотя бы части условий эксперимента значительно сократит его описание и будет способствовать пониманию схем устройств и приборов.

Блок-схемы, отражающие основные формы взаимодействия между объектом исследования и различными устройствами для регистрации функций.

Многие функции организма можно исследовать без *электронной аппаратуры* и регистрировать процессы либо непосредственно, либо после некоторых преобразований. Примерами могут служить измерение ртутным термометром температуры, регистрация сердечных сокращений с помощью пишущего рычажка и кимографа, регистрация дыхания с использованием капсулы Марэ, плетизмография с применением водяного плетизмографа, определение пульса и т. д. Реальные схемы установок для плетизмографии, регистрации моторики желудка и записи дыхания приведены на рис.

Блок-схема системы, позволяющей регистрировать биоэлектрические процессы в организме, показана на рис. \, В. Она состоит из объекта исследования, отводящих электродов, усилителя, регистратора и блока питания. Регистрирующие системы такого

рода используют для электрокардиографии, электроэнцефалографии, электрогастрографии, электромиографии и др.

При исследовании и регистрации *с помощью электронной аппаратуры* целого ряда неэлектрических процессов необходимо их предварительно преобразовать в электрические сигналы. Для этого используют различные датчики. Одни датчики сами способны генерировать электрические сигналы и не нуждаются в питании от источника тока, другим это питание необходимо. Величина сигналов датчика обычно невелика, поэтому для регистрации их необходимо предварительно усиливать. Системы с применением датчиков используют для баллистокардиографии, плетизмографии, сфигмографии, регистрации двигательной активности, кровяного давления, дыхания, определения газов в крови и выдыхаемом воздухе и т. д.

Если системы дополнить и согласовать с работой *радиопередатчика*, то становится возможным передавать и регистрировать физиологические функции на значительном расстоянии от объекта исследования. Этот метод получил название *биотелеметрии*. Развитие биотелеметрии определяется внедрением микроминиатюризации в радиотехнику. Она позволяет исследовать физиологические функции не только в лабораторных условиях, но и в условиях свободного поведения, во время трудовой и спортивной деятельности, независимо от расстояния между объектом исследования и исследователем.

Системы, предназначенные для воздействия на организм или его структурно-функциональные единицы, оказывают различные влияния: пусковые, стимулирующие и тормозящие. Методы и варианты воздействия могут быть самыми разнообразными.

При исследовании *дистантных анализаторов* стимулирующий импульс может восприниматься на расстоянии, в этих случаях стимулирующие электроды не нужны. Так, например, можно воздействовать светом на зрительный анализатор, звуком - на слуховую и различными запахами - на обонятельный.

В физиологических экспериментах в качестве раздражителя часто используют *электрический ток*, в связи с чем широкое распространение получили *электронные импульсные стимуляторы* и *стимулирующие электроды*. Электрическую стимуляцию применяют для раздражения рецепторов, клеток, мышц, нервных волокон, нервов, нервных центров и т. д. При необходимости может быть применена биотелеметрическая стимуляция (рис. 4, В). Причем воздействия на организм могут быть как локальными, так и общими

Исследования физиологических функций проводят не только в состоянии покоя, но и при различных физических нагрузках. Последние могут создаваться либо выполнением определенных упражнений (приседания, бег и т. д.), либо с помощью различных устройств (велозргометр, бегущая дорожка и др.), дающих возможность точно дозировать нагрузку.

Регистрирующие и стимулирующие системы часто используют одновременно, что значительно расширяет возможности физиологических экспериментов. Эти системы можно комбинировать в различных вариантах.

## 2.2. Электроды

В физиологических исследованиях *электроды* являются связующим звеном между объектом исследования и приборами. Они применяются для нанесения разряда или регистрации (отведения) биоэлектрической активности клеток, тканей и органов, поэтому их принято подразделять на *стимулирующие*. *Один и тот же*

*электрод может быть использован и как стимулирующий, и как отводящий, так как принципиальной разницы между ними нет.*

В зависимости от способа регистрации или раздражения различают биполярные и униполярные электроды. При биполярном способе чаще используют два одинаковых электрода, при униполярном – электроды различаются и по функциональному назначению, и по конструкции. В этом случае активный (дифференциальный) электрод располагают в зоне отведения биопотенциалов или на участке ткани, который нужно стимулировать.

Активный электрод, как правило, имеет относительно небольшие размеры по сравнению с другим пассивным (индифферентным) электродом. Индифферентный электрод обычно фиксируют на некотором удалении от активного. При этом необходимо, чтобы зона фиксации индифферентного электрода либо не имела собственного потенциала (например, умерщвленный участок ткани, жидкая электропроводная среда, окружающая объект исследования), либо этот участок должен быть выбран с более низким и относительно стабильным потенциалом (например, мочка уха). Индифферентные электроды часто представляют собой пластины из серебра, олова, свинца или другого металла.

В зависимости от расположения электроды делятся на *поверхностные* и *погружные*. Поверхностные электроды фиксируют или на поверхности объекта исследования (например, при регистрации ЭКГ, ЭЭГ), или на отпрепарированных и обнаженных структурах (при стимуляции нерва, отведении вызванных потенциалов от поверхности коры головного мозга и т. п.).

Погружные электроды используют для исследования объектов, расположенных в глубине органов или тканей (например, при стимуляции нейронов, расположенных в подкорковых структурах головного мозга, или отведении от них биоэлектрической активности). Эти электроды имеют особую конструкцию, которая должна обеспечить хороший контакт с объектом исследования и надежную изоляцию остальной токопроводящей части электрода от окружающих тканей. Все электроды независимо от типа и способа их использования не должны оказывать вредного влияния на объект исследования.

Недопустимо, чтобы сами электроды становились источником потенциалов. Следовательно, электроды не должны иметь поляризационных потенциалов, которые в ряде случаев могут значительно исказить результаты исследований. Величина поляризационного потенциала зависит от материала, из которого изготовлен электрод, а также свойств и параметров электрического тока.

Меньшую способность к поляризации имеют электроды из благородных металлов: золота, серебра и платины. Поляризация практически не возникает, если через электроды течет *переменный* или *импульсный электрический ток* с изменяющейся полярностью импульсов. Возможность поляризации электрода увеличивается при его взаимодействии с постоянным или импульсным монофазным током. Вероятность поляризации тем больше, чем больше сила тока, протекающего через электрод, и длительное время его действия. Она связана с электрохимическими процессами, происходящими между материалом электрода и окружающей его электролитической средой. В результате этого электроды приобретают определенный заряд, противоположный по знаку стимулирующему или отводимому току, что приводит к неконтролируемому положению условий эксперимента. Поэтому при воздействии на объект постоянным током и при отведении постоянных или медленно изменяющихся потенциалов используют *неполяризующиеся электроды*.

В электрофизических экспериментах наиболее часто используют неполяризующиеся электроды следующих типов: серебро - хлористое серебро, платина - хлористая платина и цинк - серноокислый цинк.

*Серебряные электроды* при соприкосновении с тканевой жидкостью, содержащей хлориды, быстро покрываются слоем хлористого серебра и после этого поляризуются с трудом. Однако для точных экспериментальных исследований серебряные электроды покрывают слоем хлористого серебра до их использования в эксперименте. Для этого серебряный электрод зачищают мелкой наждачной бумагой, тщательно обезжиривают, промывают дистиллированной водой и погружают в сосуд с 0,9% раствором NaCl или 0,1 н. HCl, в котором уже имеется угольный электрод.

К серебряному электроду подключают анод (+), а к угольному - катод (-) любого источника постоянного тока (батареи, аккумулятора, выпрямителя и т. п.) напряжением 2 - 6 В. Через электроды пропускают ток плотностью от 0,1 до Ю А/м<sup>2</sup> до тех пор, пока электрод не покроется сплошным слоем хлористого серебра. Эту операцию рекомендуется проводить в темноте. Готовые хлорированные электроды хранят в растворе Рингера в темноте.

Неполяризующиеся *платиновые электроды* можно изготовить следующим образом. Платиновую проволоку промывают дистиллированной водой и опускают на несколько минут в концентрированную серную кислоту, а затем тщательно промывают в дистиллированной воде, после чего два платиновых электрода опускают в сосуд с раствором хлористой платины. Один электрод подключают к аноду, другой – к катоду источника постоянного тока с напряжением в 2 В.

С помощью переключателя через них пропускают ток то в одном, то в другом направлении (4-6 раз по 15 с). Электрод, который будет использован в исследованиях, в последней операции по пропусканию тока должен быть соединен с анодом источника тока. Готовый электрод необходимо промыть и хранить в дистиллированной воде.

Неполяризующиеся электроды типа *цинк – серно-кислый цинк* представляют собой стеклянные трубки, заполненные раствором серно-кислого цинка 2, в который помещен амальгамированный цинковый стержень 3. Амальгамирование цинка получается путем его погружения на несколько минут сначала в 10% раствор серной кислоты, а затем - в ртуть. Нижний конец стеклянной трубки закрывают каолином 4, замешанным на растворе Рингера. Наружной части каолиновой пробки придают форму, удобную для контакта с объектом. Иногда пробку делают из гипса и вставляют в нее ватный фитиль или мягкую волосяную кисточку 5. Ионы цинка имеют большую диффузионную способность, поэтому эти электроды хранятся не более 1 сут.

Электроды для стимуляции и отведения применяются и в остром, и в хроническом экспериментах. В последнем случае за несколько дней до эксперимента их имплантируют (вживляют) в ткани объекта исследования. Это – *вживленные* электроды.

### 2.3. Датчики

*Датчики* - это устройства, преобразующие различные физические величины в электрический сигнал. Различают *генераторные* и *параметрические* датчики.

*Генераторные датчики* под тем или иным воздействием сами генерируют электрическое напряжение или ток. К ним можно отнести следующие типы датчиков: пьезоэлектрические, термоэлектрические, индукционные и фотоэлектрические.

*Параметрические датчики* под действием измеряемой функции изменяют какой-либо параметр электронной схемы и модулируют (по амплитуде или частоте)

электрический сигнал этой схемы. Основные типы параметрических датчиков следующие: омические, емкостные и индуктивные.

Следует отметить, что такое деление датчиков условно, так как на основе термоэлектрического и фотоэлектрического эффектов созданы как генераторные, так и параметрические датчики. Например, фотодиоды и термопары служат для создания генераторных датчиков, а фото- и терморезисторы - параметрических.

Внедрение различных типов датчиков в физиологические и клинические исследования позволяет получать объективную информацию о многих функциях организма, например о сокращении мышц, смещении центра тяжести тела при перераспределении крови, давлении крови, кровенаполнении сосудов, степени насыщения крови кислородом и углекислым газом, о тонах и шумах сердца, температуре тела и многих других.

*Пьезоэлектрические датчики.* Создание этого типа датчиков основано на пьезоэлектрическом эффекте, который выражается в следующем: некоторые кристаллические диэлектрики (кварц, сегнетова соль, титанат бария) под действием механической деформации способны поляризоваться и генерировать электрический ток. Пьезоэлектрический датчик состоит из кристалла, на который путем напыления нанесены металлические контакты для отведения генерируемого датчиком электрического потенциала. При деформации пьезоэлектрического датчика с помощью механической системы можно регистрировать различного рода смещения, ускорения и вибрацию (например, пульс), а пьезоэлектрические микрофоны могут быть использованы для регистрации *фоноэлектрокардиограммы*.

Пьезоэлектрические датчики имеют некоторую емкость (100-2000 пф), поэтому они могут искажать сигналы с частотой ниже нескольких герц. Они практически безынерционны, что позволяет их использовать для исследования быстроменяющихся процессов.

*Термоэлектрические датчики.* Этот тип датчиков преобразует изменения температуры в электрический ток (*термопара*) или изменяет под влиянием температуры силу тока в электрической цепи (*терморезисторы*). Термоэлектрические датчики широко используют для измерения температур и определения различных параметров газовой среды – скорости потока, процентного содержания газов и т. д.

*Термопара* состоит из двух разнородных проводников, соединенных друг с другом. Для ее изготовления применяют различные материалы: платину, медь, железо, вольфрам, иридий, константен, хромель, копель и др. В термопаре, состоящей из меди и константана, при разности температур ее соединений в 100°C возникает электродвижущая сила, равная примерно 4 мВ.

*Терморезисторы* – это полупроводниковые резисторы, способные уменьшать свое сопротивление по мере повышения температуры. Существуют резисторы, сопротивление которых с повышением температуры увеличивается, их называют *позисторами*. Терморезисторы выпускают в самом разнообразном конструктивном оформлении. Терморезисторы следует включать в цепи измерительного моста постоянного тока. Их широко используют для создания электротермометров.

*Фотоэлектрические датчики, или фотоэлементы.* Этот тип датчиков представляет собой устройства, которые изменяют свои параметры под действием света. Различают три типа фотоэлементов: 1) с внешним фотоэффектом, 2) с запирающим слоем (фотодиоды), 3) с внутренним фотоэффектом (фоторезисторы).

*Фотоэлементы с внешним фотоэффектом* представляют собой вакуумные или наполненные газом баллоны. В баллоне расположены два электрода: катод, покрытый слоем металла (цезий, сурьма), способного под действием света испускать электроны (внешний фотоэффект), и анод. Фотоэлементы этого типа требуют дополнительного питания для создания внутри элемента электрического поля; их включают в сеть постоянного тока. Под действием света катод испускает электроны, которые устремляются к аноду. Возникающий таким путем ток служит показателем интенсивности светового потока. Газонаполненные фотоэлементы более чувствительны, так как фототок в них усиливается за счет ионизации электронами наполняющего газа. Однако по сравнению с вакуумными фотоэлементами они более инерционны.

*Фотоэлементы с запирающим слоем* используют в ряде медицинских приборов (например, в пульсотометрах, оксигеметрах и др.). Фотоэлемент этого типа представляет собой железную или стальную пластинку 1, на которую нанесен слой полупроводника 2. Поверхность полупроводникового слоя покрыта тонкой металлической пленкой 4. Одним из электродов является пластинка, другим – металлическая пленка на полупроводнике 5. Для надежности контакта пленка по периметру уплотнена более толстым слоем металла 3. При изготовлении фотодиода запирающий слой формируется или между полупроводником и пластиной, или между полупроводником и пленкой.

При освещении фотодиода кванты света выбивают из полупроводника электроны, которые проходят через запирающий слой и заряжают отрицательно один электрод; сам полупроводник и другой электрод приобретают положительный заряд. Следовательно, фотодиод при его освещении становится генератором электрической энергии, величина которой зависит от интенсивности светового потока. Фототок у фотодиодов можно значительно увеличить, если к электродам фотодиода приложить напряжение от внешнего источника постоянного тока.

*Фоторезисторы* обладают свойством менять свое активное сопротивление под влиянием светового потока. Они имеют высокую чувствительность в широком диапазоне излучения от инфракрасного до рентгеновского. Их чувствительность зависит от величины напряжения измерительной схемы. Фоторезисторы включают в цепь измерительного моста, который питается от источника постоянного тока. Изменение сопротивления фоторезистора под действием света нарушает балансировку моста, что приводит к изменению величины тока, текущего через измерительную диагональ моста.

Фотодиоды менее чувствительны, чем фоторезисторы, но и менее инерционны. Внешний вид датчика с фотоэлементом, используемого для пульсотометрии.

*Индукционные датчики.* Этот тип датчиков применяют для измерения скорости линейных и угловых перемещений, например вибрации. Электродвижущая сила в индукционных датчиках возникает пропорционально скорости перемещения проводника в магнитном поле перпендикулярно направлению магнитных силовых линий или при перемещении магнитного поля относительно проводника.

*Омические датчики.* Эти датчики способны изменять свое сопротивление при линейных и угловых перемещениях, а также при деформации и вибрации.

Существуют различные типы омических датчиков. В реостатных и *потенциометрических* омических датчиках изменение их сопротивления достигается за счет перемещения подвижного контакта, который имеет механическую связь с объектом преобразуемого перемещения. Чувствительность этих датчиков сравнительно



невелика и составляет 3-5 В/мм. Точность преобразования может быть довольно высокой (до 0,5%) и зависит от стабильности питающего напряжения, точности изготовления сопротивления датчика, его атурной стабильности и других факторов. Эти датчики имеют простую конструкцию, малые габариты и массу, могут быть включены в цепь постоянного и переменного токов. Однако наличие подвижного контакта ограничивает срок службы этих датчиков.

В проволочных омических датчиках (*тензодатчиках*) подвижный акт отсутствует (рис. 8, Г). Под влиянием внешних сил эти датчики меняют свое сопротивление за счет изменения длины, сечения и удельного сопротивления металлической проволоки. Точность преобразования составляет 1 - 2%. Тензодатчики имеют малые габариты, массу инерциальность и удобны для исследования малых перемещений.

Кроме обычных проволочных датчиков в последние годы находят широкое применение *полупроводниковые датчики* (например, гедисторы), у которых тензочувствительность в 100 раз выше, чем у проволочных.

*Емкостные датчики.* Принцип действия этих датчиков основан на том что преобразуемые физиологические показатели (давление, изменение объема органа) влияют на определенные параметры датчика (диэлектрическую проницаемость, площадь обкладок, расстояние между обкладками) и тем самым изменяют его емкость. Эти датчики имеют высокую чувствительность и малоинерционных. Использование дифференциальных емкостных датчиков позволяет повышать их чувствительность и помехоустойчивость. Этот тип датчиков нашел широкое применение в электрофизиологической и диагностической аппаратуре. Они используются, например, в измерителях кровяного давления, плетизмографах, сфигмографах и других приборах, которые предназначены для преобразования неэлектрических величин, отражающих физиологические функции, в пропорциональные электрические величины. Реальная конструкция емкостного датчика приведена на рис. 2, Г и 7, Г, а на рис. 81 показана схема установки для регистрации моторики желудка с помощью емкостного датчика.

*Индуктивные датчики.* Преобразующее действие этих датчиков основано на свойстве катушки индуктивности изменять свое сопротивление. Этого можно достигнуть при введении в нее ферромагнитного сердечника или при изменении величины зазора в магнитном сердечнике, на котором находится катушка.

Для преобразования сравнительно больших перемещений (более 5-10мм) используют индуктивные датчики с подвижным сердечником. Такой тип датчика использован в некоторых конструкциях баллистокордиографов. Для преобразования малых перемещений (менее 5мм) могут использоваться датчики с изменяющимся зазором магнитопровода. Индуктивные датчики могут быть выполнены в виде трансформатора или дифференциального трансформатора с двумя встречными обмотками. В последнем случае выходной сигнал будет более мощным. Индуктивные датчики высокочувствительны. Их инерционность зависит от Динамических свойств подвижных элементов датчика.

#### **2.4. Измерительные схемы**

Любой тип датчика, преобразующего ту или иную функцию в электрический сигнал, должен быть включен в измерительную цепь. Наиболее широкое распространение получили следующие измерительные схемы: *мостовая схема* с питанием постоянным или переменным током, *дифференциальная схема*, а также *колебательный контур*, в которые включаются измерительные

(регистрирующие) приборы. Чувствительность дифференциальных измерительных схем выше, чем мостовых.

Таким образом, электрические приборы, применяемые для измерения неэлектрических величин различных функций, состоят из датчика, измерительной схемы и измерителя, или регистратора. Часто выходной сигнал датчика, имея малую величину, не может быть зарегистрирован измерительной схемой, поэтому в нее вводят усилители постоянного или переменного тока.

Преобразование неэлектрических процессов в электрические представляет широкие возможности для их регистрации. Это объясняется не только чисто техническими преимуществами, но и точностью измерения регистрируемых величин, удобством сопоставления данных различных опытов и возможностью их обработки с помощью вычислительных машин. Важно, что этот метод позволяет в одних и тех же временных координатах вести синхронную запись электрических и неэлектрических процессов, сопоставлять их, выявлять существующие между ними причинно-следственные отношения и т. д., т. е. дает новые возможности изучения физиологических процессов.

## 2.5. Усилители

Электрическая активность биологических объектов и электрические параметры многих датчиков, преобразующих неэлектрические процессы в электрические, характеризуются относительно малыми величинами: сила тока – милли- и микроамперами, напряжение – милли-микровольтами. Поэтому регистрировать их без предварительного усиления чрезвычайно трудно или вообще невозможно. Для усиления электрических сигналов малой величины используют *усилители*. Они необходимы для многих измерительных схем и конструируются с использованием электронных ламп или полупроводниковых приборов.

Кратко рассмотрим принцип работы триода и усилителя, сконструированного на основе этой лампы. Если в цепь накала триода (А) включить источник питания, то катод нагревается и испускает электроны, т. е. возникает *электронная эмиссия катода* (Б). При дополнительном включении источника постоянного тока между анодом и катодом электроны, испускаемые разогретым катодом, перемещаются к аноду, что вызывает *появление тока* определенной силы (В). Силой этого тока можно управлять, прикладывая напряжение к сетке триода. Если к сетке триода прикладывается положительный потенциал, то поток электронов от катода к аноду и ток, проходящий через лампу (анодный ток), увеличиваются (Г), при отрицательном потенциале на сетке поток электронов и ток уменьшаются (Д).

Чтобы зафиксировать изменения тока, проходящего через триод, и преобразовать его в изменяющееся напряжение, в анодную цепь включают сопротивление  $R_a$  (Е), величина которого существенно влияет на свойства усилительного каскада. Допустим, что на вход усилителя подается переменное напряжение  $V_{вх}$ , равное 1 В. Оно вызывает изменение анодного тока на 0,001 А; причем сопротивление анодной цепи составляет 10 кОм, тогда перепад напряжений на этом сопротивлении будет равен 10 В. При увеличении одного сопротивления до 100 кОм и прочих равных условиях перепад напряжений составит 100 В. Следовательно, в первом случае входное напряжение усиливается в 10, а во втором – в 100 раз, т.е. коэффициент усиления соответственно будет равен 10 и 100.

В тех случаях, когда один усилительный каскад не дает нужного усиления, используют *усилители с несколькими каскадами*. Связь между каскадами в усилителях

переменного тока осуществляется через *разделительные конденсаторы*  $C_1$  и  $C_2$ , с помощью которых переменная составляющая анодного напряжения от предшествующего каскада передается на вход следующего. В усилителях постоянного тока разделительных конденсаторов нет. Коэффициент усиления всего усилителя зависит от коэффициента усиления отдельных каскадов, их количества и определяется произведением коэффициентов усиления всех каскадов усилителя.

Усилители выполняют роль промежуточного звена между объектом исследования (а также электродами, датчиками) и регистраторами, т. е. представляют собой *канал связи*. Они не должны исказить характер исследуемого процесса. Поэтому, прежде чем обращаться к техническим характеристикам усилителя, необходимо знать электрические свойства сигнала (биопотенциала) живого объекта или датчика, а также учитывать внутреннее сопротивление источника сигнала

Достаточно полную характеристику сигнала дает формула, оперделяющая объем сигнала:  $V = TFH$ , где  $V$  – объем сигнала (биопотенциала),  $T$  – его длительность,  $F$  – ширина частотного спектра сигнала  $H$  – превышение амплитуды сигнала над шумом. Канал связи также можно охарактеризовать тремя величинами:  $T_k$  – время, в течение которого канал выполняет свои функции,  $F_k$  – полоса частот, которую канал способен пропустить, и  $H_k$  – полоса уровней, зависящая от допустимых пределов нагрузок, т. е. минимальная чувствительность и предельная амплитуда сигнала, подаваемого на вход усилителя Произведение этих величин называют *емкостью канала*:  $V_k = T_k \cdot F_k \cdot H_k$

Передача сигнала по каналу связи (через усилитель) возможна лишь в том случае, когда основные характеристики сигнала не выходят за соответствующие границы характеристик канала связи. Если же параметры сигнала превышают характеристики канала связи, то передача сигнала по этому каналу без потери информации невозможна.

Некоторые влияния усилителя на амплитудно-временные характеристики сигнала иллюстрирует рис. 12.

Верхний и нижний потенциалы на каждом рисунке регистрировались одновременно от одного электрода с помощью двух одинаковых усилителей, у которых были заданы разные постоянные времени входа. Параметры вызванных потенциалов и характеристики усилителей представлены в виде таблицы, геометрические эквиваленты этих же потенциалов - на рис. 13.

Несмотря на то, что в каждом кадре регистрировался один и тот же потенциал, амплитудно-временные характеристики полученных записей заметно отличаются друг от друга, что определяется только параметрами усилителей. Усилитель, с помощью которого регистрировались нижние записи, имел параметры, превышающие характеристики сигнала, поэтому вызванные потенциалы записаны без искажений. Усилитель, с помощью которого регистрировались верхние записи, имел разные параметры, но во всех случаях не превышающие характеристики сигнала, поэтому вызванные потенциалы искажены (потеря информации).

Значение внутреннего сопротивления источника сигнала, зависящего не только от свойств объекта исследования, но и от свойств выходных цепей (например, размеров, формы и сопротивления электродов, коммутирующих проводов и т. п.), можно показать на следующем примере. Если внутреннее сопротивление источника сигнала больше или равно входному сопротивлению усилителя, то сигнал вообще не будет регистрироваться или его амплитуда будет значительно уменьшена. Поэтому иногда возникает необходимость значительно увеличить входное сопротивление усилителя. В этих случаях используют усилители с катодным повторителем, а в

транзисторных схемах – с эмиттерным повторителем, выполненным на полевых транзисторах.

В физиологических лабораториях наиболее часто применяют два типа усилителей: усилители переменного тока и усилители постоянного тока.

*Усилители переменного тока.* Усилители этого типа состоят из нескольких усилительных каскадов, соединенных между собой с помощью разделительных конденсаторов. Такие приборы используют для усиления переменных составляющих сигнала благодаря их способности пропускать частоты от 0,1 Гц до 10-15 кГц. Они, как правило, имеют большой коэффициент усиления и могут усиливать входной сигнал в миллионы раз, что позволяет отчетливо регистрировать сигналы с исходной амплитудой в несколько микровольт. Усиление и полоса пропускания частот обычно регулируются. В качестве примеров усилителей отечественного производства можно назвать УБП-1-03, УБФ-4-03. Эти устройства применяют для усиления биопотенциалов мозга и сердца, а также сигналов, генерируемых различными датчиками; по выходным характеристикам они легко согласуются с большинством отечественных регистраторов.

*Усилители постоянного тока.* Эти усилители не имеют разделительных конденсаторов. Между отдельными каскадами у них существует гальваническая связь, поэтому нижняя граница пропускаемых частот доходит до нуля. Следовательно, данный тип усилителей может усиливать сколь угодно медленные колебания. По сравнению с усилителями переменного тока эти усилители имеют значительно меньший коэффициент усиления. Например, УБП-1-0,2 имеет коэффициент усиления по переменному току  $2,5 \cdot 10^6$ , а по постоянному –  $8 \cdot 10^3$ . Это связано с тем, что у усилителя постоянного тока с увеличением коэффициента усиления уменьшается стабильность работы, появляется дрейф нуля. Поэтому они применяются для усиления сигналов, величина которых превышает 1 мВ (например, мембранный потенциал нейронов, мышечных и нервных волокон и т. п.).

Регистраторы необходимы для трансформации электрических потенциалов, которые поступают к ним от отводящих электродов или датчиков (чаще после необходимого усиления), в процессы, воспринимаемые нашими органами чувств. Регистраторы могут преобразовывать и отображать исследуемый процесс или функцию в различных формах, например, в отклонении стрелки измерительного прибора, цифровой индикации, отклонении луча на экране осциллографа, графической регистрации на бумаге, фотографической или магнитной ленте, а также в виде световых или звуковых сигналов и пр.

В большинстве типов регистраторов основными элементами являются: преобразователь энергии колебаний электрических потенциалов в механические (гальванометр, вибратор), инструмент записи (перо с чернилами, струя чернил, пишущий стержень, электронный луч и др.) и механизм развертки процесса во времени (лентопротяжной механизм, электронная развертка). Кроме того, современные регистраторы могут содержать ряд вспомогательных блоков и систем, например коммутаторы, усилители, калибраторы усиления и времени, оптические системы для фотографирования и др.

В медицинской регистрирующей аппаратуре наиболее широко используются три вида преобразователей, создаваемых на основе трех различных принципов трансформации энергии колебаний электрических потенциалов.

1. Использование силы, действующей на проводник с током или ферромагнетик в магнитном поле. На основе этого принципа конструируют различные системы

гальванометров, вибраторов, которые применяются в шлейфных и чернильно-пишущих осциллографах (регистраторах).

2. Использование отклонения потока электронов (электронного луча) в электрическом и электромагнитном поле. Этот принцип реализуют с помощью электронно-лучевых трубок, которые являются основной частью электронных (катодных) осциллографов.

3. Использование свойства ферромагнитных материалов намагничиваться под влиянием магнитного поля и сохранять это состояние. На этом принципе конструируют различные типы магнитофонов и магнитографов.

*Гальванометры и вибраторы.* Эти приборы имеют одинаковый принцип действия, но отличаются по конструктивному исполнению, в связи с чем значительно разнятся друг от друга по чувствительности, инерционности и способности воспроизводить сигналы различной частоты. Существуют гальванометры и вибраторы магнитоэлектрической и электромагнитной системы.

В гальванометрах (вибраторах) *магнитоэлектрической системы* преобразование электрических сигналов в механический эффект достигается за счет движения проводника (по которому течет электрический ток) в постоянном магнитном поле. Проводник электрического тока может быть выполнен в виде тонкой струны, петли или многовитковой рамки. Многовитковую рамку используют для конструирования магнитоэлектрических вибраторов.

В гальванометрах (вибраторах) *электромагнитной системы* магнитное поле, в которое помещается ферромагнетик  $\delta$ , создается за счет постоянного магнита  $I$  и специальной обмотки  $4$ . Эта обмотка при прохождении через нее электрического тока создает электромагнитное поле, свойства которого определяются направлением силой тока, проходящего через обмотку. При взаимодействии эти поля создают вращающий момент, под влиянием которого перемещается ферромагнитный якорь.

Использование различных систем, способных отображать перемещение подвижных элементов гальванометров (вибраторов), позволяет конструировать различные типы регистраторов, например, струнный гальванометр, зеркальный гальванометр, шлейфный осциллограф, регистраторы с непосредственно видимой записью (чернильно-перьевой, струйной, копировальной, тепловой, печатной и др.).

*Струнный гальванометр.* В этих приборах направление перемещения струны в сильном магнитном поле определяется направлением приложенного к ней тока, а величина перемещения определяется силой тока, проходящего через нее. Колебания струны с помощью оптической системы можно проецировать на экран, а для записи - на движущуюся фотографическую бумагу или пленку.

Струнные гальванометры сравнительно малоинерционны; их совершенные модели способны воспроизводить сигналы с частотой до 1000 Гц. Их чувствительность зависит от величины магнитного поля и свойств струны (упругости и диаметра). Чем тоньше струна (2-5 мкм) и чем сильнее магнитное поле, тем выше чувствительность струнного гальванометра. Многие струнные гальванометры имеют такую чувствительность, что могут использоваться без усилителей. Раньше их применяли для регистрации электрокардиограммы и мембранных потенциалов клеток.

*Зеркальный гальванометр.* Если на петле или многовитковой рамке укрепить маленькое легкое зеркальце  $6$ , то при пропускании тока оно будет перемещаться вместе с петлей или рамкой (направление движения на рис. 14 показано стрелкой). На зеркальце с помощью осветителя направляется луч света, а отраженный луч (зайчик) проецируется на полупрозрачный экран, по шкале которого судят о направлении и

величине отклонения отраженного луча. При этом зеркальные гальванометры могут использоваться как самостоятельные регистрирующие приборы.

В настоящее время зеркальные гальванометры применяют в качестве выходных устройств в так называемых *шлейфных осциллографах*.

Для регистрации исследуемого процесса и наблюдения за ним в шлейфных осциллографах используется особая оптическая система. От лампы осветителя *1* луч света через линзу *2* и диафрагму *3* с помощью зеркала *4* направляется на зеркальце гальванометра *5* и линзой *6* делится на два пучка. Один пучок света линзой *7* фокусируется на поверхности движущейся фотобумаги (фотопленки), которая протягивается лентопротяжным механизмом *8*. Вторым пучок с помощью цилиндрической линзы – призмы *9* направляется на вращающийся многогранный зеркальный барабан *10* и, отражаясь от него, падает на матовый экран *11*. За счет вращения зеркального барабана исследуемый процесс разворачивается на экране и служит для визуального наблюдения.

Сочетание струнных и зеркальных гальванометров с оптическими системами позволяет производить регистрацию исследуемых процессов с применением фотографического метода или метода ультрафиолетовой записи. Последний позволяет получать видимую запись спустя несколько секунд после экспозиции без проявления.

*Регистраторы с непосредственно видимой записью.* В регистраторах этого типа преобразователями электрических сигналов являются магнитоэлектрические (рамочные) или электромагнитные вибраторы, на подвижные элементы которых вместо зеркальца укрепляют различные инструменты записи.

Чернильно-перьевые регистраторы. Этот тип устройств широко используют при регистрации физиологических функций. В них перо *5* укреплено на рамке или ферромагнитном якоре *2*, которые находятся в поле магнита *1*. Перо соединено эластичной трубкой *4* с резервуаром для чернил *3*. Исследуемый процесс записывается на бумажной ленте *6*. Чернильно-перьевые регистраторы удобны в эксплуатации и вполне пригодны для решения многих задач. Их успешно используют в электроэнцефалографах, электрокардиографах, электрогастрографах и других приборах. Однако чернильно-перьевые регистраторы имеют ряд существенных недостатков. Они инерционны и не позволяют регистрировать электрические колебания с частотой, превышающей 150 Гц. В связи с этим они непригодны, например, для регистрации быстрых процессов, таких как биотоки нервов и нервных клеток и т. п. Кроме того, чернильно-перьевая регистрация (без специальной коррекции) вносит в исследуемый процесс радиальные искажения, обусловленные дугообразным движением пера на бумаге.

Струйный метод регистрации. Этот метод основан на пропускании через капилляр (диаметром 5-8 мкм), укрепленный на вибраторе, струи чернил под давлением 20 кг/см<sup>2</sup>: чернила, попадая на движущуюся бумажную ленту, оставляют след в виде кривой исследуемого процесса.

Струйный метод регистрации высокочувствителен и малоинерционен. Он позволяет совмещать удобство видимой записи с возможностью регистрации электрических сигналов в широком частотном диапазоне (от 0 до 1500 Гц). Однако эти регистраторы требуют применения особых чернил, обладающих весьма высоким качеством (однородность состава).

Во всех регистраторах с непосредственно видимой записью скорость движения носителя записи (бумаги) определяется механической разверткой и не превышает 200 мм/с, в то время как для развертывания быстротекающих процессов требуются

большие скорости записи, что достигается с помощью электронной развертки в катодных осциллографах.

Электронные (катодные) осциллографы. Это – универсальные регистрирующие приборы. Они практически безынерционны и за счет наличия усилителей имеют высокую чувствительность. Эти приборы позволяют исследовать и регистрировать как медленные, так и быстрые колебания электрических потенциалов с амплитудой до 1 мкВ и менее. Выходным регистрирующим устройством катодного осциллографа является *электронно-лучевая трубка* с электростатическим или электромагнитным отклонением электронного луча.

Принцип действия электронно-лучевой трубки заключается во взаимодействии потока электронов, испускаемого катодом и сфокусированного системой электронных линз, с электростатическим или электромагнитным полем отклоняющих электродов.

Электронно-лучевая трубка состоит из стеклянного баллона, внутри которого в высоком вакууме находятся источник электронов и системы электродов (направляющие, фокусирующие и отклоняющие), управляющие электронным лучом.

Источником электронов является катод 2, подогреваемый нитью накала 1. Отрицательно заряженные электроны через управляющую сетку 3 притягиваются системой положительно заряженных анодов 4, 5 и 6. При этом из электронов формируется электронный луч, который проходит между вертикальными 7 и горизонтальными 8 отклоняющими пластинами и направляется на экран 9, покрытый люминофором (веществом, обладающим способностью светиться при взаимодействии с электронами). Управляющая сетка 3 имеет по отношению к катоду отрицательный потенциал, величина которого регулируется потенциометром 10. При изменении (с помощью потенциометра) потенциала сетки изменяется плотность потока электронов в электронном луче, а следовательно, яркость свечения луча на экране. Фокусирование электронного луча осуществляется потенциометром 10, т. е. за счет изменения положительного потенциала на втором аноде 5.

Горизонтальные и вертикальные отклоняющие пластины управляют движением электрического луча соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях, для чего на них подаются потенциалы с усилителей горизонтального ( $b$ ,  $x_1$  и  $x_2$ ) и вертикального ( $a$ ,  $y_1$  и  $y_2$ ) отклонения луча. Если на горизонтальные отклоняющие пластины подавать пилообразное напряжение, то луч осциллографа будет перемещаться в горизонтальной плоскости слева направо. Изменяя режим работы генератора пилообразного напряжения, можно регулировать скорость развертки, т. е. скорость прохождения луча по экрану осциллографа. Это необходимо потому, что исследуемые процессы (сигналы) имеют разные частотно-временные параметры.

Исследуемый процесс (сигнал) обычно подается на вертикальные отклоняющие пластины, которые перемещают луч вверх или вниз, в зависимости от знака и величины приложенного к ним напряжения. Таким образом, потенциалы, приложенные к пластинам, управляют перемещением луча по горизонтальной ( $x$ ) и вертикальной ( $y$ ) осям, т. е. развертывают исследуемый процесс.

Регистрацию исследуемых процессов с экрана катодного осциллографа осуществляют фотографическим способом с применением световых фотоаппаратов или специальных фотокамер.

*Магнитографы.* Регистрация электрических процессов на ферромагнитную ленту удобна тем, что записанная таким образом информация может длительно храниться и многократно воспроизводиться. С помощью различных регистраторов ее можно переводить в видимую запись с различным масштабом развертки. Эту

информацию можно обрабатывать после окончания эксперимента с помощью различных автоматических устройств и электронно-вычислительных машин. Магнитографы позволяют записывать и протокол эксперимента.

### Вопросы для самоконтроля

1. Электроды
2. Датчики
3. Усилители
4. Измерительные схемы

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

#### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.



### Лекция 3

## ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ

Для изучения функций желез внутренней секреции используются различные экспериментальные и клинические методы исследования. К наиболее важным из них следует отнести следующие.

1. Изучение последствий удаления (экстирпации) эндокринных желез. После удаления какой-либо эндокринной железы возникает комплекс расстройств, обусловленных выпадением регуляторных эффектов тех гормонов, которые вырабатываются в этой железе. Например, предположение о наличии эндокринных функций у поджелудочной железы нашло подтверждение в опытах И. Меринга и О. Минковского (1889), показавших, что ее удаление у собак приводит к выраженной гипергликемии и глюкозурии; животные погибали в течение 2—3 нед. после операции на фоне явлений тяжелого сахарного диабета. В последующем было установлено, что эти изменения возникают из-за недостатка инсулина — гормона, образующегося в островковом аппарате поджелудочной железы.

Вследствие травматичности оперативного вмешательства вместо хирургического удаления эндокринной железы может быть использовано введение химических веществ, нарушающих их гормональную функцию. Например, введение животным аллоксана нарушает функцию  $\beta$ -клеток поджелудочной железы, что приводит к развитию сахарного диабета, проявления которого практически идентичны расстройствам, наблюдаемым после экстирпации поджелудочной железы.

2. Наблюдение эффектов, возникших при имплантации желез. У животного с удаленной эндокринной железой можно ее имплантировать заново в хорошо васкуляризованную область тела, например под капсулу почки или в переднюю камеру глаза. Такая операция называется реимплантацией. Для ее проведения обычно используют эндокринную железу, полученную от животного-донора. После реимплантации постепенно восстанавливается уровень гормонов в крови, что приводит к исчезновению нарушений, возникших ранее в результате дефицита этих гормонов в организме. Например,

Бертольдом (1849) было показано, что у петухов пересадка половых желез в брюшную полость после кастрации предотвращает развитие посткастрационного синдрома. Возможна также пересадка эндокринной железы животному, у которого операция экстирпации ранее не производилась. Последнее может быть использовано для изучения эффектов, возникающих при избытке гормона в крови, так как его секреция в данном случае осуществляется не только собственной эндокринной железой животного, но и имплантированной.

3 Изучение эффектов, возникших при введении экстрактов эндокринных желез. Нарушения, возникшие после хирургического удаления эндокринной железы, могут быть откорректированы посредством введения в организм достаточного количества экстракта данной железы или индивидуального гормона.

4. Использование радиоактивных изотопов. Иногда для исследования функциональной активности эндокринной железы, может быть использована ее способность захватывать из крови и накапливать определенное соединение. Известно, например, что щитовидная железа активно поглощает йод, который затем используется для синтеза тироксина и трийодтиронина. При гиперфункции щитовидной железы

накопление йода усиливается, при гипофункции наблюдается обратный эффект. Интенсивность накопления йода может быть определена путем введения в организм радиоактивного изотопа  $^{131}\text{I}$  с

последующей оценкой радиоактивности щитовидной железы. В качестве радиоактивной метки могут быть введены также соединения, которые используются для синтеза эндогенных гормонов и включаются в их структуру. В последующем можно определить радиоактивность различных органов и тканей и оценить, таким образом, распределение гормона в организме, а также найти его органы-мишени.

Определение количественного содержания гормона. В ряде случаев для выяснения механизма какого-либо физиологического эффекта целесообразно сопоставить его динамику с изменением количественного содержания гормона в крови или в другом исследуемом материале.

К наиболее современным относятся методы радиоиммунологического определения концентрации гормонов в крови. Эти методы основаны на том, что меченый радиоактивной меткой гормон и гормон, содержащийся в исследуемом материале, конкурируют между собой за связывание со специфическими антителами: чем больше в биологическом материале содержится данного гормона, тем меньше свяжется меченых молекул гормона, так как количество гормонсвязывающих участков в образце постоянно.

6. Важное значение для понимания регуляторных функций желез внутренней секреции и диагностики эндокринной патологии имеют клинические методы исследования. К ним относятся диагностика типичных симптомов избытка или недостатка того или иного гормона, использование различных функциональных проб, рентгенологические, лабораторные и другие методы исследования.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Какие методы изучения желез внутренней секреции вы знаете?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутишникова, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.

7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

*Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 4

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВИ

#### 4.1. Определение осмотической стойкости эритроцитов

Осмотическая стойкость (резистентность) – способность эритроцитов противостоять понижающемуся осмотическому давлению. В гипотонических растворах эритроциты набухают. При значительном набухании наступает гемолиз. Изотоническим для эритроцитов является 0,85 % раствор хлорида натрия.

Предложено много различных методов изучения осмотической резистентности эритроцитов. Наиболее распространен следующий метод. Осмотическая резистентность определяется при помощи осмотического ряда с убывающей концентрацией NaCl, в котором пробирки нумеруют и последовательно наливают в 1-ю 0,9% NaCl, во 2-ю 0,85% NaCl, в 3-ю 0,8% и так далее до 0,1% раствора по 5 мл. Затем вносят в них один и тот же объем крови (0,02 мл) и оставляют на час при комнатной температуре. Затем пробирки центрифугируют и определяют начало гемолиза по легкому порозовению раствора и полный гемолиз – по интенсивной красно-лаковой окраске раствора.

**Клиническая оценка.** В норме минимальная резистентность эритроцитов колеблется между 0,50 и 0,45 % NaCl, максимальная – между 0,40 - 0,35% NaCl. Снижение резистентности эритроцитов отмечается при ряде гемолитических анемий – врожденной микросферосцитарной, гемолитической болезни новорожденных, в меньшей степени при приобретенных острых гемолитических анемиях.

#### 4.2. Определение гематокрита

Иногда в организме наблюдается физиологическое или патологическое изменение относительного содержания числа эритроцитов крови. В одной единице объема крови увеличивается или уменьшается содержание форменных элементов.

Представление об общем объеме эритроцитов дает гематокритное число – отношение объема форменных элементов крови к объему плазмы.

Гематокритное число определяют с помощью гематокрита, представляющего собой короткий стеклянный капилляр с диаметром просвета 1 мм, имеющий 100 делений. Перед взятием крови два капилляра промывают гепарином (1000 ЕД в 1 мл) или раствором другого противосвертывающего вещества и высушивают. Затем в капилляры набирают кровь из пальца или из вены до метки 100 так, чтобы не попали пузырьки воздуха, закрывают концы трубки резиновыми колпачками, помещают в специальную насадку и центрифугируют. Форменные элементы располагаются в периферических концах гематокритов, плазма в центре. По делению капилляра вычисляют соотношение между объемом плазмы и форменными элементами в процентах или относительных единицах. Определяют гематокритное число одновременно в двух капиллярах, а затем вычисляют его среднее арифметическое значение.

**Клиническое значение.** Гематокритное число увеличивается при ожогах, врожденных пороках сердца, полицитемии, при длительном пребывании в горах, а уменьшается – при анемиях, гипергидратации (гемодилуции). Гематокритное число является одним из показателей степени выраженности патологического процесса.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое осмотическая стойкость эритроцитов
- 2) Каким методом определяют гематокрит крови?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

#### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 5

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

#### 5.1. Принципы определения систолического и минутного объёмов кровотока

Количество крови, выбрасываемой желудочком сердца в 1 мин, называют МОК (в покое 4,5 – 5 л).  $СОК = МОК / ЧСС$  (в норме 60 – 70 мл).

Наиболее точный способ определения МОК у человека предложен Фиком (1870). Метод Фика состоит в косвенном вычислении МОК по разнице между содержанием кислорода в артериальной и венозной крови и объему кислорода, поглощаемого человеком в минуту. Например, в одну минуту через легкие в кровь поступило 400 мл кислорода, и содержание его в артериальной крови увеличилось на 8 % по сравнению с венозной. Следовательно, каждыми 100 мл крови в легких было поглощено по 8 мл кислорода. Чтобы усвоить все количество кислорода, поступившего через легкие в кровь за минуту (в нашем примере 400 мл) необходимо, чтобы через легкие прошло

$$МОК = \frac{100 \cdot 400}{8} = 80000 \text{ мл}$$

Полученная величина и составляет МОК.

По методу Фика венозную кровь у человека берут из правой половины сердца при помощи зонда, вводимого в правое предсердие через плечевую вену. Метод Фика, несмотря на высокую точность, не получил широкого распространения в практике из-за технической сложности и трудоемкости (необходимость катетеризации сердца, пунктирование артерии, определение газообмена).

Для определения МОК разработаны и другие методов. Многие из них основаны на принципе разведения индикаторов, который состоит в том, что находят разведение и скорость циркуляции какого-либо вещества, введенного в вену. В настоящее время широко применяют некоторые краски и радиоактивные вещества. Введенное в вену вещество проходит через правые отделы сердца, малый круг кровообращения, левые отделы сердца и поступает в артерии большого круга кровообращения, где и определяют его концентрацию. Сначала она волнообразно нарастает, затем падает. Через некоторое время, когда порция крови, содержащая максимальное количество вещества, повторно пройдет через левые отделы сердца, его концентрация в артериальной крови вновь немного увеличивается (так называемая волна рециркуляции). Замечают время от момента введения вещества до начала рециркуляции и вычерчивают кривую разведения, т. е. изменения концентрации (нарастание и убыль) исследуемого вещества в крови.

#### 5.2. Кровавый способ регистрации кровяного давления

Прямое измерение артериального давления предполагает непосредственное введение в кровяное русло иглы или канюли, соединенной через посредство трубок с манометром. Этот прием используется в основном при хирургических вмешательствах. Исследование проводится под местной анестезией. Для артериопункций используется канюля или игла диаметром не менее 1 мм. Наилучшие результаты дает применение Т–

образной канюли, внутренний просвет которой соответствует просвету артерии, а отросток, соединенный с манометром, отходит под прямым углом, образуя в месте ответвления веретенообразное расширение. Игла или канюля соединяется с регистрирующей системой - манометром- толстостенной резиновой трубкой. Система заполняется раствором противосвертывающего вещества. Величина артериального давления выражается в миллиметрах ртутного столба. Величина давления в артериях не является постоянной и колеблется в пределах некоторого среднего уровня. На кимограмме (кривая артериального давления) различают 3 вида волн.

Волны I порядка (пульсовые). Их частота и продолжительность полностью определяются работой сердца. Во время систолы сердца порция крови выбрасывается в артерии, вызывает повышение их эластического растяжения и давления. Во время диастолы поступление крови из желудочков в артерии прекращается. Продолжающийся отток крови из артерий приводит к уменьшению растяжения их стенки и снижению давления.

Волны II порядка (дыхательные) имеют меньшую частоту и связаны с увеличением притока крови в системе малого большого круге. Во время выдоха происходят обратные явления.

Волны III порядка самые редкие. Они включают несколько дыхательных волн. Считают, что эти волны обусловлены периодическими изменениями тонуса сосудодвигательного центра, которые могут возникать при недостаточном снабжении мозга кислородом, например, при нарушении кровоснабжения, наркозе, подъеме на высоту, отравлении некоторыми ядами.

### **5.3. Методика регистрации артериального и венозного пульсов**

Для регистрации артериального пульса используется сфигмография. В ее основе лежит графическая регистрация колебаний артериальной стенки, возникающих при распространении по сосудам волны повышенного давления.

В пульсовой кривой (сфигмограмме) аорты и крупных артерий различают 2 основные части: 1. Подъем (анакрота) 2. Спад (катакрота). Анакрота возникает вследствие увеличения давления в артерии во время систолы и вызванного этим растяжения, которому подвергаются стенки артерий под влиянием крови выброшенной сердцем в начале фазы изгнания. В конце систолы желудочка при падении давления возникает спад волны - катакрота. Когда желудочек начинает расслабляться и давление в его полости становится ниже, чем в аорте, кровь, выброшенная в артериальную систему, устремляется назад к желудочку, давление в артериях резко падает и на пульсовой кривой появляется глубокая выемка - инцизура. Она отражает движение крови обратно к сердцу, которому препятствуют закрывающиеся полулунные клапаны.

Волна крови отражается от клапанов и создает вторичную волну повышения давления - дикротический подъем. Крутизна нарастания катакроты и снижения анакроты характеризует скорость пульса; при крутом подъеме и спаде пульс быстрый, при пологом - медленный. Формы кривой пульса аорты и отходящих непосредственно от нее крупных сосудов, так называемого центрального пульса, и кривой пульса периферических артерий несколько различаются.

Венный пульс – это пульсовые колебания в крупных венах вблизи сердца. Он обусловлен затруднением оттока крови из вен к сердцу во время систолы предсердий и желудочков.

На кривой венного пульса - флебограмме, различают три предсердия и вызывается тем, что в момент систолы предсердия устья полых вен зажимаются мышцами, приток крови из вен в предсердия временно приостанавливается. Во время диастолы предсердий доступ в них крови становится снова свободным и кривая венного пульса круто падает. Вскоре появляется зубец с. Он обусловлен толчком пульсирующей сонной артерии, лежащей вблизи яремной вены. После зубца с начинается падение кривой, которое сменяется новым подъемом - зубцом v. Он обусловлен тем, что к концу систолы желудочков предсердия наполнены кровью и дальнейшее поступление в них крови невозможно. Происходит застой крови и растяжение стенок вен. После зубца v наблюдается падение кривой, совпадающее с диастолой желудочков и оттоком в них крови из предсердий.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Принципы определения систолического и минутного объемов кровотока
- 2) Кровавый способ регистрации кровяного давления
- 3) Методика регистрации артериального и венного пульсов

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

#### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.



5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 6

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

#### 6.1. Реография

Бескровный метод исследования общего и органного кровообращения, основанный на регистрации колебаний электрического сопротивления живой ткани организма к переменному току высокой частоты. Электропроводность различных тканей зависит от их строения. Наибольшей электропроводностью обладают кровь и спинномозговая жидкость, а наименьшей кожа и кости. Ток распространяется по местам наименьшего сопротивления - это кровеносная система. Реограмма отражает суммарное сопротивление всех тканей, находящихся в межэлектродном пространстве в виде интегральной кривой, в генезисе которой ведущая роль принадлежит пульсовым колебаниям кровенаполнения. Увеличение кровенаполнения сосудов во время систолы приводит к уменьшению электрического сопротивления исследуемых отделов тела, в диастолу – наоборот.

Реография обеспечивает возможность изучения гемодинамики любого органа, доступного исследованию участка конечности. Позволяет дать характеристику артериального кровенаполнения, состояния тонуса артериальных сосудов, венозного оттока, коллатерального кровообращения, микроциркуляции, определение ударного и минутного объемов кровообращения.

#### 6.2. Плетизмография

Принцип метода. Плетизмография - регистрация изменений объема органа или части тела, зависящих от изменений кровенаполнения их сосудов, то есть от разности между притоком крови по артериям и оттоком ее по венам. Используется главным образом для оценки сосудистого тонуса.

При плетизмографии конечность или ее часть заключают в жесткий герметичный сосуд, заполненный водой или воздухом и соединенный с манометром для измерения малых колебаний давления. При изменении кровенаполнения конечности изменяется и ее объем, что вызывает увеличение или уменьшение давления в сосуде, в который помещена конечность. Эти изменения давления регистрируются манометром и записываются в виде кривой - плетизмограммы. Оклюзионная плетизмография позволяет определить объемную скорость кровотока в конечности. Для этого на несколько секунд прерывают венозный отток, сжимая вены.

Поскольку приток крови по артериям продолжается, а венозного оттока нет, увеличение объема конечности соответствует количеству протекающей крови.

#### 6.3. Определение времени полного кругооборота крови

Время полного кругооборота крови – это время, в течении которого вся кровь проходит один раз через определенное место или пункт сердечно сосудистой системы. Это средне арифметическое из суммы времени кругооборота различных частей крови как расположенных ближе к стенке сосуда, так и в осевом токе при их прохождении разными путями большого и малого кругов кровообращения. Чем меньше линейная скорость кровотока, тем больше время полного её кругооборота. Существуют инвазивные и неинвазивные методы определения этого времени.

При инвазивных применяют введение в организм различных веществ (гистамин, ацетилхолин, эфир, радиоактивный магний, лобелин). Гистаминовый метод - в локтевую вену вводят гистамин и отмечают время появления сосудистой реакции (гиперемии лица). Эфирный метод - в локтевую вену вводят небольшое количество стерильного эфира и учитывают время появления запаха эфира во рту и в выдыхаемом воздухе. При использовании лобелина, способного возбуждать дыхательный центр, отмечают время появления первого глубокого вдоха или кашля. При радиоизотопном методе в вену вводят радиоактивное вещество и определяют с помощью специального датчика время появления радиоактивности в определенных участках тела.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Реография
- 2) Плетизмография
- 3) Определение времени полного кругооборота крови

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутинникова, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

#### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.

6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 7

### ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ

Пневмоторакс – наличие воздуха в плевральной полости при нарушении ее герметичности. Если при попадании воздуха в плевральную щель, легкое спадается частично и вентиляция его продолжается - это закрытый пневмоторакс. Если при нарушении герметичности грудной клетки плевральное давление становится равным атмосферному, легкое полностью спадается, вентиляция прекращается - это открытый пневмоторакс.

Между листками висцеральной и париетальной плевры имеется узкая щель, содержащая серозную жидкость. Если в нее ввести иглу, соединенную с манометром, можно установить, что давление в ней ниже атмосферного. Отрицательное давление в плевральной щели обусловлено эластической тягой легких.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

##### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.

8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 8

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИЙ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

#### 8.1. Хронические методы изучения секреторной функции желудочных желез

Многие физиологи и врачи прошлых столетий неоднократно пытались разрешить задачу получения чистых пищеварительных соков, но предложенные ими методы либо вовсе не имели успеха, либо имели ряд существенных недостатков. В основном применялся метод так называемых «острых опытов», то есть наблюдали за работой изолированных органов, либо изучали деятельность различных органов на животных под наркозом, причем к концу опыта такое животное погибало. В физиологии господствовал аналитический подход.

Метод «острых опытов» обогатил физиологию многими ценными сведениями об отдельных изолированных процессах, протекающих в живом организме; не потерял он своего значения и в настоящее время, но он не давал точного представления о динамике процессов, не мог дать никакого представления о деятельности системы органов в целом организме.

И. П. Павлов отмечал, что «физиологу мало знать действие отдельных реактивов на отдельные элементы пищеварения, физиология должна охватить наблюдением и весь действительный ход пищеварительного дела. Это сознавалось, конечно, многими исследователями, часто пробовалось и было бы сделано, если бы было к тому легкая возможность».

Решил эту проблему И.П. Павлов – создатель нового аналитико-синтетического метода познания физиологических процессов. И начал он ее решение с разработки новой методики исследования функций пищеварительного тракта. «Помехой ранним исследователям являлась недостаточная методика. Часто говорится, и недаром, - писал И.П. Павлов, - что наука движется толчками, в зависимости от успехов, делаемых методикой. С каждым шагом методики вперед мы как бы поднимаемся ступенью выше, с которой открывается нам более широкий горизонт, с невидимыми раньше предметами. Посему нашей первой задачей была выработка методики».

И.П. Павловым был разработан и введен в науку оперативно-хирургический метод исследования, в частности метод наложения оперативным путем постоянных фистул, то есть сообщений между полостью какого-либо пищеварительного органа и внешней средой, или выведения наружу отдельного протока той или иной железы.

Решающее значение в осуществлении идей Павлова имело получение Иваном Петровичем в 1891 году лаборатории в Институте экспериментальной медицины. Эту дату мы вправе считать началом новой эры в физиологии, периодом зарождения хирургической физиологии.

Первым мероприятием, предпринятым И.П. Павловым в Институте экспериментальной медицины, была организация операционной при физиологической лаборатории.

Особенностью Павловского оперативно-хирургического метода было то, что оперативное вмешательство, осуществляемое с соблюдением всех правил (асептики и антисептики), применяющихся в хирургической клинике, ни в коей степени не нарушало нормальную функцию исследуемого органа и в последующем животные не испытывали никаких неудобств или боли от проведенной операции.

Сущность Павловских исследований и созданного им метода заключалась в том, что получена была возможность изучать нормальную деятельность пищеварительных органов на здоровом, нормально функционирующем организме и при этом получать абсолютно чистые, полноценные секреты пищеварительных желез в хронических опытах, то есть в течение длительного времени, при любых условиях, например: во время еды, при раздражении нервной системы, при введении различных лекарственных и химических веществ.

Задачу получения чистого желудочного сока в хроническом эксперименте И.П. Павлов решил, предложив вместе со своей ученицей Е.О. Шумовой-Симоновской метод «мнимого кормления», основанный на специальной операции эзофаготомии собаки, имеющей басовскую желудочную фистулу. При этой операции у собаки перерезается пищевод. Оба конца пищевода выводятся на шею и подшиваются в кожную рану. При кормлении такой собаки пища не попадает в желудок, а вываливается из верхнего отверстия пищевода наружу. Однако через 5 - 6 минут из пустого желудка начинает обильно изливаться чистый желудочный сок. Выделение желудочного сока продолжается в течение всего кормления и еще 2 – 3 часа после его прекращения. Данная методика дает возможность изучать рефлексы с полости рта и глотки на желудочные железы. Вместе с тем она не позволяет изучить, как влияет на желудочные железы пища, поступающая в желудок при нормальном питании. В известной мере ответ на этот вопрос может быть получен в опытах на животных с изолированным желудочком по способу Гейденгайна. При этой операции у собаки вырезают из большой кривизны желудка лоскут, из которого образуют маленький мешочек; отверстие его вшивают в кожную рану. Целостность самого желудка восстанавливают швами. В результате операции создаются два желудка: один большой, нормальный, несколько уменьшившийся в размерах, в котором пищеварение протекает обычно, и другой – маленький, или изолированный, в который пища не поступает.

Сокоотделение из изолированного по Гейденгайну желудочка начинается через 30 – 50 минут после приема пищи, что не соответствует нормальному ходу секреции желудочных желез. Это объясняется тем, во время операции образования изолированного желудочка перерезаются нервные веточки, идущие к нему и поэтому выпадает первый этап сокоотделения, связанный с нервными влияниями. И.П. Павлов предложил свой способ операции изолированного желудочка, дающий возможность сохранить его иннервацию. Путем продольного разреза, не доходящего до стенки большой кривизны желудка, отделяется часть желудка. При этом часть стенки желудка, а именно часть серозной и мышечной оболочек, не перерезают, слизистую же перерезают полностью. По обе стороны разреза на слизистую оболочку желудка накладывают швы, которые восстанавливают целостность большого желудка и образуют отдельный маленький желудочек, отверстие которого вшивают в кожную рану. Серозную и мышечную оболочки в месте разреза сшивают отдельно на большом и маленьком желудке. В том участке стенки желудка, где серозная и мышечная оболочки остаются не перерезанными, они образуют мостик, соединяющий большой желудок с изолированным желудочком. В этом мостике проходят нервные волокна, которые обеспечивают иннервацию изолированного маленького желудочка.

Сокоотделение из образованного по способу Павлова изолированного желудочка происходит совершенно аналогично секреции большого желудка. Для учета секреторной деятельности пищевых желез человека используются зондовые и беззондовые методы. При зондовых методах больной проглатывает резиновую трубку,



конец которой достигает желудка или 12 - перстной кишки. Специальный зонд определяет рН в желудке и верхних отделах кишечника.

Радиопилюля под влиянием воспринимаемых параметров датчик пилюли меняет частоту колебаний, они воспринимаются антенной, надетой на обследуемого, и радиоприемным записывающим устройством. Радиопилюля свободно проходит по ЖКТ. С ее помощью оценивают секреторную деятельность желудка и моторную активность его и кишечника, а так же гидролиз веществ

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Хронические методы изучения секреторной функции желудочных желез

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

#### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 9

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОТОРНОЙ ФУНКЦИИ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА

#### 9.1. Электрогастрография

Моторная активность желудка и кишечника изучается зондовыми и беззондовыми методами. При зондовых методах используются зонды с резиновыми баллончиками, тензодатчиками или свободные на конце, наполненные физиологическим раствором, через который передается давление в полости желудка и тонкой кишки на регистрирующие устройства. Применяют и многоканальные зонды, позволяющие регистрировать моторику в нескольких отделах желудка и тонкой кишки.

К зондовым методам относится в частности баллоно- кимографический метод. Этот метод позволяет регистрировать тонус и перистальтические сокращения желудка, определять силу, частоту, ритм этих сокращений, объективно их документировать в течение многих часов исследования. С помощью этого метода были заложены основы учения о моторной функции желудка, создано представление о так называемой периодической работе желудка, выделены типы его моторной деятельности.

Однако баллоно-кимографический метод имеет существенные недостатки. Прежде всего исследования с помощью этого метода проводятся в основном натощак. Получить представление о тонусе желудка, его перистальтической деятельности во время желудочного пищеварения трудно. С помощью этого метода почти невозможно оценить эвакуаторную функцию желудка. Находящийся в желудке раздутый баллон является инородным телом и как каждое инородное тело вызывает на себя ряд «отвергающих» реакций.

Беззондовым методом изучения моторной активности желудочно-кишечного тракта является радиотелеметрический метод. Человеку дают проглотить миниатюрный радиопередатчик - радиопилюлю с датчиком давления. Под влиянием давления датчик меняет частоту излучаемых радиопилюлей колебаний. Они воспринимаются антенной, надетой на обследуемого, и радиоприемником с записывающим устройством. Радиопилюля свободно проходит по желудочно-кишечному тракту.

Моторную активность желудка можно оценить электрографически. Метод электрогастрографии предложен М.А. Собакиным. При электрогастрографии регистрация биопотенциалов гладких мышц желудка при его деятельности осуществляется с поверхности тела. Электроды накладываются на переднюю брюшную стенку и конечности.

Метод позволяет изучить в динамике перистальтическую активность желудка (ритм, глубину) в период пищеварения у всех больных, чем существенно отличается от известных методов исследования моторной функции желудка.

Этот метод модернизируется для регистрации моторной активности тонкой, толстой кишки, желчного пузыря. Наиболее полное представление о желудке при нормальном и патологическом его состоянии можно получить с помощью рентгенологического метода (рентгеноскопия, рентгенография, рентгенокинематография).

Диагностическое значение. С помощью рентгенологического метода изучается форма и положение желудка, тонус мышечной стенки и перистальтика, рельеф

слизистой оболочки, деятельность привратника, эвакуаторная функция желудка, состояние луковицы и всей двенадцатиперстной кишки.

Рентгенологическое исследование желудка осуществляется с применением рентгенконтрастных веществ, например, сернокислого бария, принимаемых исследуемым внутрь.

Моторная активность органов пищеварения оценивается также по скорости и динамике эвакуации из желудка и его содержимого в кишечник и продвижению содержимого по нему.

Для этого используют рентгенологические и радиологические методы. В этих методах к принимаемой пищи добавляют безвредное количество изотопа с коротким периодом полураспада и с помощью специальной аппаратуры регистрируют ее продвижение по пищеварительному тракту. Радиоизотопные методы нашли также широкое применение в оценке желчевыделения, состоянии печени, поджелудочной и слюнных желез.

## **9.2. Методы изучения процессов всасывания в желудочно-кишечном тракте**

Используемые в эксперименте методы делятся на 2 группы;

1) изучается убыль вещества;

а) изолированная кишка по Тири-Велла: в один конец вводится субстрат, из другого конца отсасывают содержимое и исследуют химический состав;

б) полифистульная методика: делают несколько фистул по ходу пищеварительного тракта и изучают где что убывает;

2) по прибыванию веществ;

а) ангиостомия по Е.С. Лондону

К стенке сосудов пришивают трубочки, концы которых выводят наружу. В хроническом опыте натошак и после приема пищи берут кровь, проколов сосуд иглой через трубочку, и исследуют ее состав. Модификация методики: в кровеносные сосуды вживляют катетеры, через которые получают кровь для анализа длительное время. Вне опыта катетеры герметически закрыты.

б) фистула лимфатического протока.

Собирают оттекающую от желудка и кишечника лимфу и определяют всосавшиеся вещества.

При исследовании всасывания у человека используют радионуклеотидные методики, пробы с дачей обследуемым меченых белков, меченых и немеченых жиров с последующим динамическим учетом содержания их в крови, кишечные зонды различной конструкции. У 2-х канального зонда конец 2-го канала на 40 см ниже первого. Через короткий канал вводят вещество, через длинный отсасывают содержимое и исследуют состав. Метод основан на определении убыли вещества.

### **Вопросы для самоконтроля**

1) Электрогастрография

2) Методы изучения процессов всасывания в желудочно-кишечном тракте

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

*Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

*Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 10

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

#### 10.1 Методы исследования слюноотделения

Смешанную слюну у человека можно получить с помощью губок, ватных тампонов, помещенных в ротовую полость, а также вакуумных сифонов. Используют также сбор в градуированный сосуд свободно вытекающей через трубку слюны.

Чистый секрет околоушной или подчелюстной слюнных желез может быть получен путем катетеризации их протоков или с помощью двухкамерной капсулы Лешли-Красногорского, накладываемой на слизистую оболочку в области отверстия выводного протока исследуемой железы. Наружная камера служит для присасывания капсулы к слизистой оболочке щеки, а через внутреннюю камеру, расположенную в зоне притока железы, собирают отделяемый секрет.

Секреторную функцию слюнных желез позволяет исследовать радиосиалография. Внутривенно вводят радиоактивное вещество. В течение 20 минут оно концентрируется в слюнной железе. При этом записывается кривая радиоактивности. На 30-ой минуте исследуемому дают 5 г сахара и наблюдают секреторный отрезок сиалограммы. Падение радиоактивности на околоушной железе составляет 32 – 36 % в течение  $4 \pm 1$  мин.

На животных (собаках) применяют операцию наложения фистулы на выводной проток околоушной или подчелюстной железы. Для этого папиллу протока железы с кусочком окружающей ее слизистой оболочки вырезают, выводят в кожную рану и подшивают к коже на наружной поверхности щеки. После заживления раны в хроническом эксперименте можно наблюдать слюноотделение как натошак, так и при даче пищи в течение многих лет.

#### 10.2. Методики исследования желчевыделения

Образование и выделение желчи изучается у животных в острых и хронических опытах. В последнем случае используется 2 методики: 1) наложение фистулы желчного пузыря; 2) выведение на поверхность кожи отверстия общего желчного протока вместе с кусочком окружающей его слизистой оболочки 12-перстной кишки. Первая методика применяется для изучения секреции желчи клетками печени и выяснения механизма желчеобразования. Для предупреждения поступления желчи в кишку и для собирания всей оттекающей, непрерывно образуемой печеночными клетками желчи одновременно с наложением фистулы желчного пузыря часто производят перевязку общего желчного протока. В этом случае вся выделяемая желчь собирается в желчный пузырь, через фистулу которого ее можно собрать и исследовать. Вторая методика дает возможность изучить условия и механизм поступления желчи в кишечник. Цельную картину дает исследование, при котором применяется сочетание операции наложения фистулы желчного пузыря и выведения на кожу фистулы желчного протока.

Дуоденальное зондирование проводится с целью изучения состава желчи для выявления поражений желчных путей и пузыря. Используют зонд (диаметр 3 - 5 мм, длина 1,5 м, к концу прикреплена пластмассовая или металлическая олива).

Исследование производят натошак. В положении сидя зонд вводят в желудок, затем кладут исследуемого на правый бок и он начинает медленно заглатывать зонд. Ожидают прохождения оливы в 12- перстную кишку, что происходит через 1-1,5 часа.

Наружный конец опускают в пробирку. Если олива прошла в 12-перстную кишку, то в пробирку начинает поступать желчь. В первой фазе через зонд начинает поступать желчь золотисто-желтого цвета, слегка вязкой консистенции, прозрачная - порция А (10 - 20 мин). Вторая фаза: вводят раствор сульфата магния. Выделение желчи прекращается из-за спазма сфинктера Одди. Третья фаза: выделение золотисто-желтой желчи желчного протока и шейки желчного пузыря - порция А1. Четвёртая фаза - опорожнение желчного пузыря – выделение густой темно-коричневой желчи (пузырная желчь) - порция В. после этого снова вытекает золотисто-желтая желчь - порция С (печеночная).

Такое фракционное дуоденальное зондирование дает возможность определить, помимо характера содержимого, емкость отдельных отрезков желчной системы и тонус ее сфинктеров. Для изучения желчной секреции у человека употребляется также рентгенологическая методика. В организм вводят рентгенконтрастные вещества (например, билитраст), выводимые из организма с желчью. После введения их в кровь можно видеть на рентгеновском экране затемнение в области желчных путей и желчного пузыря и наблюдать выделение желчи.

#### **Вопросы для самоконтроля**

- 3) Методы исследования слюноотделения
- 4) Методики исследования желчевыделения

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

##### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

##### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.

4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 11

### ОЦЕНКА ФУНКЦИЙ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА

#### 11.1 Методика оценки фильтрации

При исследовании функционального состояния почек сопоставляют концентрацию вещества в моче и крови, что позволяет дать количественную оценку состояния основных процессов, лежащих в основе мочеобразования. Для изучения роли почки в синтезе новых соединений сопоставляют состав крови почечной артерии и вены. Исследование метаболизма клеток на срезах почки, изучение функциональных особенностей участков почечных канальцев с помощью электронной микроскопии, цитохимии, биохимии, электрофизиологии дает возможность изучить механизмы работы почки и роль выполнения различных функций.

Для измерения фильтрации применяют физиологически инертные вещества не токсичные, не связанные с белком плазмы крови, свободно проникающие через поры мембраны, они не должны секретироваться и реабсорбироваться в почечных канальцах, а выделяться полностью с мочой путем фильтрации. Таким веществом является полисахарид фруктозы - инулин. Именно с помощью капельного медленного внутривенного введения и создания постоянной концентрации этого вещества определяют объём фильтрата, или первичной мочи. При этом исходят из того, что количество инулина в фильтрате равно количеству инулина в конечной моче.

Измеренная с помощью инулина величина фильтрации в клубочках показывает, какой объём плазмы крови освобожден от инулина за это время. Если показатель определяется за единицу времени, это скорость клубочковой фильтрации (СКФ), или клиренс инулина

#### 11.2 Методики определения реабсорбции и секреции в почках

Обратное всасывание веществ, их транспорт из просвета канальцев в интерстиций почки и в кровь определяется по разнице между количеством вещества профильтрованного в клубочках и выделенного с мочой. Важное значение для оценки реабсорбции имеет определение максимальной величины транспорта глюкозы. Ее измеряют при полном насыщении системы канальцевого транспорта глюкозы. Для этого в кровь вводят глюкозу до тех пор, пока она не начнет в значительных количествах выделяться с мочой. Это полная загрузка системы транспорта глюкозы.

Предварительно определяют фильтрацию в почках по инулину.

Определение секреции в почках производят с помощью парааминогиппурата натрия или парааминогиппуровой кислоты.

Непрямые методы измерения величины почечного кровотока основаны на оценке способности клеток почечных канальцев к секреции - практически полному извлечению из плазмы крови органических кислот и выделению их в просвет канальца. Для этого используют вещества, от которых кровь полностью освобождается при однократном её прохождении через почку. В частности к ним относят рентгеноконтрастное вещество диодраст, которое фильтруется и секретруется клетками почечных канальцев столь эффективно, что при невысокой его концентрации в артериальной крови она полностью очищается от диодраста при однократном прохождении через почку. Этот прием позволяет измерить величину эффективного



почечного плазмотока, то есть то количество плазмы, которое протекает по сосудам коры почки и омывает клетки проксимального сегмента нефрона.

#### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Методика оценки фильтрации
- 2) Методики определения реабсорбции и секреции в почках

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

##### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутинникова, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

##### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 12

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИЙ ЦНС

#### 12.1 Микроэлектродный метод регистрации активности одиночных нейронов мозга. Стереотаксическая техника

Для изучения активности отдельных нейронов и механизма синаптической передачи используется микроэлектродное отведение внутриклеточных потенциалов. Применяют металлические или стеклянные микроэлектроды с диаметром кончика от 0,5 до 2 мкм. Металлические электроды представляют собой тонкую проволоку, покрытую изолирующим лаком по всей ее длине, за исключением кончика. Для их изготовления используют никром, вольфрам, платину, золото, свинец, олово. Стеклянный микроэлектрод представляет собой микропипетку, то есть тонкий капилляр, вытянутый из стеклянной трубки. Микропипетку заполняют раствором электролита, чаще всего трехмолярным раствором KCl, погружают в него металлический электрод и соединяют с электроизмерительным прибором.

Для точного введения микроэлектродов, микропипеток, миниатюрных термопар или других микроинструментов в глубоколежащие структуры мозга применяется стереотаксическая техника. Стереотаксическая методика основана на детальном анатомическом исследовании расположения различных структур головного мозга относительно определенных участков черепа.

Локализацию мозговых структур выражают в специальной трехкоординатной системе, пользуясь которой определяют пространственное расположение отдельных нервных центров.

При использовании стереотаксической методики голову животного жестко фиксируют в строго определенном положении в специальном головодержателе. Координаты структур мозга различных животных и человека определены экспериментально и суммированы в специальных стереотаксических атласах. Согласно этим координатам с помощью манипулятора, в котором закреплен электрод или другой микроинструмент, его вводят, пользуясь микрометрическими винтами, в искомую точку мозга.

Стереотаксическая техника применяется и при оперативных вмешательствах в нейрохирургической клинике, когда необходимо ввести электроды для разрушения патологического очага в определенном участке головного мозга больного.

#### 12.2 Электроэнцефалография

ЭЭГ - регистрация суммарной спонтанной электрической активности мозга. ЭЭГ регистрируют с помощью электродов, располагаемых на поверхности головы человека.

Основными показателями, характеризующими ЭЭГ, являются частота и амплитуда колебаний биопотенциалов, а также фаза и форма колебаний. По частоте и амплитуде колебаний выделяют следующие основные ритмы в ЭЭГ.

- а-ритм (альфа-ритм) является основным и наиболее характерным ритмом здорового человека. Этот регулярный ритм регистрируется в состоянии физического и эмоционального покоя, имеет частоту 8 - 13 герц и амплитуду до 70 мкВ.

-б-ритм (бетта-ритм) сменяет а-ритм при кратковременном действии раздражителей, например, световых или звуковых, эмоциональном возбуждении, физической и умственной деятельности. Эта смена называется реакцией десинхронизацией. б-ритм характеризуется нерегулярными низкоамплитудными

волнами с частотой 13 - 30 гц и амплитудой до 30 мкВ. g-ритм (гамма-ритм) – с частотой свыше 30 гц и амплитудой до 15 мкВ наблюдается при решении задач, требующих максимальной концентрации внимания.

$\theta$ -ритм (тета-ритм) хорошо выражен при неглубоком сне, умеренной гипоксии и наркозе. Имеет частоту 3 – 7 гц, амплитуду до 200 мкВ.

$\delta$ -ритм (дельта-ритм) – представляет собой медленную волновую электрическую активность мозга с частотой 0,5-3,5 гц и амплитудой до 300 мкВ во время глубокого сна, наркоза и гипоксии.

ЭЭГ позволяет судить о глубине наркоза, о наличии патологических процессов и для анализа деятельности коры, но самое главное можно объективно судить о функциональных состояниях мозга - бодрствования и сна.

### **12.3. Метод регистрации вызванных потенциалов в коре больших полушарий мозга**

Метод ВП является одной из модификаций ЭЭГ-метода. ВП – это изменение ЭЭГ, наступающее в ответ на кратковременно действующее раздражение экстеро- или интерорецепторов. ВП возникают и при кратковременной электрической стимуляции афферентных нервов или мозговых структур, функционально связанных с той областью мозга, в которой они регистрируются.

Латентный период, амплитуда ВП зависят от интенсивности наносимого раздражения. Компоненты ВП, количество и характер его колебаний зависят от адекватности стимула относительно зоны регистрации ВП. ВП может состоять только из первичного или из первичного и вторичного ответов. Характерный первичный ответ, как правило, представляет собой двухфазный потенциал. Вначале регистрируется положительное колебание, затем отрицательное.

Первичные потенциалы имеют строго определенную область распространения. Они регистрируются в первичных проекционных корковых зонах анализатора, специфических ядрах таламуса, то есть в фокусе максимальной активности, и только при адекватном для данного анализатора стимуле. Например, для первичной зрительной коры адекватной является зрительная стимуляция.

Первичные ответы характеризуются коротким латентным периодом. Первичный ответ формируется за счет кратковременной синхронизации активности близлежащих нейронов.

Помимо первичных ответов в нервных центрах, в частности в различных областях коры больших полушарий, наблюдается ряд более поздних, так называемых вторичных ответов. Они отличаются от первичных ответов более сложной конфигурацией и длительным латентным периодом.

#### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Микроэлектродный метод регистрации активности одиночных нейронов мозга. Стереотаксическая техника
- 2) Электроэнцефалография
- 3) Метод регистрации вызванных потенциалов в коре больших полушарий мозга

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

*Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутинникова, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

*Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## Лекция 13

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИЙ АНАЛИЗАТОРОВ

#### 13.1. Методы исследования тактильного анализатора. Эстеziометрия.

Тактильная чувствительность изучается методом эстеziометрии. Различают пространственную чувствительность, которая характеризуется пространственным порогом и чувствительность, которая определяется по силовому порогу.

Пространственный порог - минимальное расстояние между двумя точками кожи, при одновременном раздражении которых возникает ощущение 2-х прикосновений. Она характеризует пространственно-различительную способность кожи.

Различительная способность на разных участках тела существенно отличается: на кончике языка - 1,1мм; на губах, ладонной поверхности пальцев - 2,2 мм; на кончике носа - 6,8 мм; на предплечье, голени - 40,5 мм; на спине – 54,1 мм, на бедре, плече – 67,6 мм.

Испытуемый сидит, закрыв глаза. Эстеziометром с максимально сведенными ножками прикасаются к определенному участку кожи или слизистой оболочки. Обе ножки должны прикасаться одновременно с одинаковым давлением. Повторяют прикосновение, постепенно раздвигая бранши эстеziометра каждый раз на 1 мм, и находят то расстояние, при котором возникает ощущение 2-х отдельных прикосновений. Это и будет пространственный порог.

#### 13.2. Методы исследования вкусового анализатора

Определение порога вкусовой чувствительности. Для работы нужны растворы сахара или глюкозы, соли (хлористого натрия), лимонной кислоты и хинина. Каждый раствор в концентрации 1%; 0,1%; 0,01; 0,001%, глазные пипетки. При необходимости растворы разбавляют наполовину дистиллированной водой.

Испытуемому согласно топографии вкусовых полей наносят пипеткой на язык каплю раствора того или иного вещества и предлагают определить вкус. Начинают с минимальной концентрации, которую увеличивают до тех пор, пока испытуемый точно не определит вкус вещества. Эту концентрацию принимают за порог данной вкусовой чувствительности. Каждая проба длится 10 – 12 с, после чего рот прополаскивают водой.

За норму порогов вкусовой чувствительности, определенных методом капельных раздражений, принимают концентрации: для сладкого и соленого – 0,25 – 1,25%, для кислого – 0,05 – 1,25%, для горького – 0,0001 -0,003%.

#### 13.3. Методы исследования слухового анализатора

Тональная аудиометрия. Аудиометрия – это метод измерения остроты слуха. Аудиометр представляет собой звукогенератор чистых тонов различной частоты и интенсивности.

На испытуемого надевают наушники. Экспериментатор увеличивает интенсивность звука от минимального значения до порога восприятия, при котором испытуемый слышит звук. Определяют пороги слышимости для каждого уха для тонов от 125 до 8000 Гц в последовательности 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 500, 250,

125 Гц. Слух считается нормальным, если отклонения полученных аудиограмм от стандартных для каждого тона не превышает 5 ДБ.

Речевая аудиометрия. Испытуемый и исследователь находятся в комнате на расстоянии 6 м. Исследуемое ухо направлено в сторону врача, другое закрыто. Необходимо исключить чтение с губ. Исследователь шёпотом произносит слова с низкими звуками и спрашивает отзыв у испытуемого. Если испытуемый не слышит с 6 м, расстояние сокращают на 1 м.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Методы исследования слухового анализатора
- 2) Методы исследования вкусового анализатора
- 3) Методы исследования тактильного анализатора. Эстеziометрия

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутичкина, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

#### *Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.

## Лекция 14

### ОБЪЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ МОЗГА И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

1. Раздражение структур ЦНС адекватными и неадекватными стимулами. В качестве раздражающего фактора применяют электрический ток, реже химические и термические раздражители. Методику раздражения применяют при исследовании функций различных отделов мозга. При этом важна точность подведения микроэлектрода или микропипетки к исследуемому участку мозга. Это обеспечивается применением стереотаксической техники. Метод позволяет установить пути передачи возбуждения от места раздражения к тому органу или ткани, функция которых изменяется.

2. Методики перерезки и частичного или полного удаления (экстирпация) разных участков мозга позволяют установить, какие функции ЦНС сохраняются, а какие исчезают после хирургического вмешательства.

3. Электрофизиологические методы: электроэнцефалография, регистрация вызванных потенциалов, микроэлектродный метод регистрации потенциалов отдельных нервных клеток и др.

4. Метод моделирования.

5. Позитронно-эмиссионная томография является прижизненным методом функционального изотопного картирования мозга. Основана на выявлении распределения в мозге различных химических веществ, которые принимают участие в метаболической активности мозга. Во время исследования внутривенно или ингаляционно вводят биоорганическое соединение (например, глюкозу), в молекулах которого атомы углерода, азота, кислорода или фтора замещены на короткоживущие радиоизотопы  $^{11}\text{C}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{18}\text{F}$ . С током крови оно поступает в мозг, где включается в соответствующий физиологический процесс. Радиоактивное излучение регистрируется счетчиками, расположенными вокруг головы, информация с которых передается на компьютер. По полученным данным создается трехмерный образ объекта для дальнейшего визуального или статистического анализа.

#### Вопросы для самоконтроля

- 1) Способы исследования функциональных состояний мозга

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутинникова, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.

5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

*Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных: учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.



## Лекция 15

### ТЕРМОМЕТРИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА И ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Существующие способы измерения температуры можно условно разделить на две группы: те, которые осуществляются при контакте термометра с телом, и те, при которых контакт датчика с телом необязателен.

Измерение температуры тела контактным способом можно осуществить термометрами жидкостными, термоэлектрическими (термопары, термометры сопротивления) и с индикацией на жидких кристаллах. Термометры – устройства для измерения температуры, состоят из чувствительного элемента, в котором реализуется термометрическое свойство, и измерительного прибора. В клинической практике широко используется ртутный термометр, который указывает максимальную температуру и поэтому называется максимальным термометром. В ртутных термометрах измерение температуры основано на зависимости изменения объема жидкости от температуры. Перед использованием необходимо стряхнуть ртуть ниже 35°. Измерение температуры тела с помощью ртутного термометра можно производить в подмышечной впадине, ротовой полости, прямой кишке. В последнем случае необходимо предварительно смазать кончик термометра вазелином. При измерении температуры у маленьких детей им сгибают ногу в тазобедренном суставе так, чтобы образовалась складка кожи, в которую помещают термометр.

Высокую точность и быстроту измерений температуры обеспечивает использование термопар, термометров сопротивления и термисторов. С их помощью можно измерить температуру кожи в любом участке поверхности тела или внутреннего органа. В последнем случае термодатчик вводится в орган через сосудистую систему или с помощью стереотаксической техники в любую структуру мозга.

К группе средств медицинской термометрии, при использовании которых необязателен контакт датчика с телом, относятся тепловизоры, или инфракрасные термографы, и СВЧ-термографы.

Тепловизоры – аппараты, способные визуализировать инфракрасное излучение человека. На экранах таких устройств можно наблюдать видимое изображение объектов и фотографировать их.

СВЧ-термография, или радиотермометрия, основана на измерении собственного излучения тела человека в радиочастотном диапазоне, обусловленного тепловым движением электронов в биологических тканях. Интенсивность этого излучения пропорциональна температуре тех областей тела, из которых оно выходит.

#### Вопросы для самоконтроля

- 1) Как проводят термометрию

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

1. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.

2. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
4. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутинникова, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
5. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
6. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
7. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

*Дополнительная*

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
6. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
7. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
8. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
9. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Базанова, И.У.** Физиология с/х животных / Базанова, У.И. [и др.]. – М.: Колос, 1991. - 378 с.
2. **Битюков, И.П.** Практикум по физиологии с/х животных / Битюков, И.П. [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. - 123 с.
3. **Георгиевский, В.И.** Физиология с/х животных:учебник / Георгиевский, В.И. - М.: Агропромиздат, 1990. - 510 с.
4. **Грачев, И.И., Галинцев В.П.** Физиология лактации с/х животных: учебник / Грачев, И.И., Галинцев, В.П. - М.: Колос, 1974. - 477 с.
5. **Иванов, А.А.** Этология с основами зоопсихологии: учебник / Иванов, А.А. - Лань, 2009.- 365 с.
6. **Костин, А.П.** Физиология с/х животных: учебник/ Костин, А.П. [и др.]. - М.: Колос, 1993. - 386 с.
7. **Новицкий, Б.Б.** Поведение с/х животных: учебник / Новицкий, Б.Б. – М.: Колос, 1981.
8. **Основы физиологии и этологии животных:** Учебное пособие / Лысов, В.Ф., Максимов, В.И. – М.: КолосС, 2004. – 256 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
9. **Практикум по физиологии животных:** Учебное пособие /Лысов, В.Ф., Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Шевелев, Н.С. / Под ред. Максимова, В.И. – М.: КолосС, 2010. – 303 с.
10. **Руководство по физиологии:** Физиология с/х животных. – М. Наука, 1978.
11. **Сборник заданий к лабораторному практикуму по физиологии и этологии животных:** учебное пособие /Ипполитова, Т.В., Максимов, В.И., Ткаченко, Т.Е., Вальциферова, С.В., Фомина, В.Д., Ветрова, Л.Ю., Любимов, В.Е., Мусиенко, П.М., Хомутильников, Ю.А., Николаева, Э.Б. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 119 с.
12. **Сысоев, А.А.** Физиология с/х животных (в рисунках и системах): атлас/ Сысоев, А.А. - М.: Колос, 1974. - 147 с.
13. **Физиология и этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] – М.: КолосС, 2004. – 568 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
14. **Физиология и этология сельскохозяйственных птиц:** Учебник / Гудин, В.А. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – СПб.: Изд-во «Лань», 2010. – 336 с.
15. **Шмидт–Нельсон, К.** Физиология животных: учебник / Т.1 и 2 / Шмидт–Нельсон, К. – М.: Мир, 1982. - 389 с.
16. **Этология животных:** Учебник / Лысов, В.Ф. [и др.] / Под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2010. – 296 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b>	3
<b>Лекция 1. Методы исследований в физиологии как наука</b>	4
1.1. Классификация физиологических методов	4
<b>Лекция 2. Аппаратура и методы изучения физиологических функций</b>	11
2.1. Схема связей между приборами и объектами исследования	11
2.2. Электроды	12
2.3. Датчики	14
2.4. Измерительные схемы	17
2.5. Усилители	18
<b>Лекция 3. Принципы и методы исследования желез внутренней секреции</b>	25
<b>Лекция 4. Методы исследования крови</b>	28
4.1. Определение осмотической стойкости эритроцитов	28
4.2. Определение гематокрита	28
<b>Лекция 5. Методы исследования системы кровообращения</b>	30
5.1. Принципы определения систолического и минутного объёмов кровотока	30
5.2. Кровавый способ регистрации кровяного давления	30
5.3. Методика регистрации артериального и венозного пульсов	31
<b>Лекция 6 Методы исследования системы кровообращения</b>	34
6.1. Реография	34
6.2. Плетизмография	34
6.3. Определение времени полного кругооборота крови	34
<b>Лекция 7. Исследование системы дыхания</b>	37
<b>Лекция 8. Методы исследования функций пищеварительной системы</b>	39
8.1. Хронические методы изучения секреторной функции желудочных желез	39
<b>Лекция 9. Методы исследования моторной функции желудка и кишечника</b>	42
9.1. Электрогастрография	42
9.2. Методы изучения процессов всасывания в желудочно-кишечном тракте	43
<b>Лекция 10. Методы исследования пищеварительной системы</b>	45
10.1. Методы исследования слюноотделения	45
10.2. Методики исследования желчевыделения	45
<b>Лекция 11. Оценка функций выделительной системы</b>	48
11.1. Методика оценки фильтрации	48
11.2. Методики определения реабсорбции и секреции в почках	48
<b>Лекция 12. Методы исследований функций ЦНС</b>	50
12.1. Микроэлектродный метод регистрации активности одиночных нейронов мозга. Стереотаксическая техника	50
12.2. Электроэнцефалография	50
12.3. Метод регистрации вызванных потенциалов в коре больших полушарий мозга	51
<b>Лекция 13. Методы исследования функций анализаторов</b>	53
13.1. Методы исследования тактильного анализатора. Эстезиометрия	53
13.2. Методы исследования вкусового анализатора	53
13.3. Методы исследования слухового анализатора	53
<b>Лекция 14. Объективные способы исследования функциональных состояний мозга и их характеристика</b>	55
<b>Лекция 15. Термометрия поверхности тела и внутренних органов</b>	57
<b>Библиографический список</b>	59
<b>Содержание</b>	60