

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Д.З. ШИБКОВА**

**ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИИ  
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ЧЕЛЯБИНСК

2015

УДК 612 (076)

ББК 28.903 я7

Ш 55

**Шибкова, Д.З.** Практикум по физиологии человека и животных [Текст]: учеб. пособие / Д.З. Шибкова. – Изд. 4-е, испр. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2015. – 244 с.

ISBN 978-5-906777-47-8

Практикум предназначен для проведения лабораторных занятий по курсу «Физиология человека и животных» на биологических факультетах высших учебных заведений. Практикум рассчитан на самостоятельную работу студентов и написан по единой схеме с выделением цели, необходимого исходного уровня знаний, заданий для самостоятельной аудиторной работы, лабораторных работ и контрольных вопросов.

Данный практикум разработан для студентов бакалавриата, направление подготовки «Педагогическое образование».

ISBN 978-5-906777-47-8

© Д.З. Шибкова, 2015

© Издательство Челябинского государственного педагогического университета, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Обязательным условием успешного овладения основами физиологии является систематическая самостоятельная работа над курсом в течение учебного года. Эффективность теоретической подготовки к занятию обеспечивается **разделом «Самоподготовка к занятию»**, в котором имеется тщательно разработанная структура теоретического материала, последовательно раскрывающая тему данного занятия, и список *рекомендуемой дополнительной литературы* для углубленного изучения темы.

К началу занятия вы должны быть хорошо знакомы с работами, которые предстоит выполнить, а также с теоретическим материалом, имеющим прямое отношение к теме занятия. В целом этот блок поможет вам более эффективно усвоить материал лекций и учебников при подготовке к практикуму.

**Раздел «Самостоятельная работа на занятии»** представляет собой подробный алгоритм практического занятия и состоит из 4–6 заданий. Курс физиологии, как и любой другой биологической дисциплины, представляет собой систему взаимосвязанных понятий, законов и закономерностей. **В качестве первого задания во всех темах предлагается объяснить основные понятия темы.** Под понятием следует понимать особую форму мышления, отражающую существенные свойства, связи и отношения предметов и явлений.

**Центральное место в данном разделе занимают «Практические работы»**, в которых представлены алгоритмы их выполнения, оформления протоколов и обсуждения полученных в опыте результатов. В каждом опыте обозначены объект исследования, необходимое оборудование, постановка опытов описана в форме инструкций, последовательно излагающих этапы их проведения. Все указанные в данном разделе сведения могут оказаться весьма полезными в вашей будущей педагогической деятельности.

**На заключительном этапе занятия вам предлагаются вопросы, задачи и задания контрольно-обучающего характера.** При изучении физиологии крайне важно, не ограничиваясь запоминанием отдельных фактов и величин, уметь представить себе процесс или явление как целое. На каждый из контрольных вопросов вы должны дать развернутый ответ. **При проведении различных форм контроля вопросы составляются исходя из содержания темы.**

Задачей в физиологии принято называть возникшую в естественных условиях или искусственно сформулированную ситуацию, в которой требуется получить определенный полезный результат. Такие задачи объединяют теорию и практику, способствуют самоконтролю и лучшему усвоению материала.

Не пренебрегайте решением предложенных контрольных задач. Находя самостоятельно решение задачи, вы каждый раз делаете для себя маленькое научное открытие. Когда вы убедитесь, что ваше решение правильное, непременно будет возникать чувство удовлетворения, которое сделает обучение не утомительной нагрузкой, а интересной работой.

## **ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Лабораторные занятия должны выполняться в условиях, обеспечивающих высокую производительность учебного труда и исключая возникновение травм, ожогов, ушибов и других повреждений студентов. На занятиях по физиологии часто используют электрические приборы, режущие инструменты, растворы кислот, щелочей и другие средства, а также лабораторных животных. Включение их в работу требует соблюдения определенных правил охраны труда и техники безопасности, предупреждающих воздействие на студентов опасных и вредных производственных факторов.

### **Основные правила предупреждения электротравм**

При использовании прибора в работе необходимо до включения произвести его внешний осмотр и убедиться в соответствии потребления им электрического тока и напряжения его в сети. Все токоведущие части должны иметь неповрежденную изоляцию и плотные контакты, а конструкция прибора – соответствовать условиям его эксплуатации и обеспечивать защиту работающего от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями. Корпус прибора или металлические его части, доступные для прикосновения человека, подвергают защитному заземлению, показания прибора ставят на нуль. В приборах должна быть действующая световая и звуковая сигнализация, например, красная лампочка при включении высокого напряжения. Приборы следует предохранять от попадания на них воды, паров, растворов кислот и щелочей. Перегоревшие предохранители не заменять самодельными!

## **Основные правила работы с реактивами**

На занятиях часто используют реактивы в растворах, а в отдельных случаях – в виде кристаллов. Точность полученных результатов при выполнении лабораторных опытов во многом зависит от чистоты реактивов. Поэтому их нужно предохранять от загрязнения и держать в закрытой посуде. Случайно рассыпанный реактив вновь вносить в эту же тару нельзя. Реактивы без этикетки и неизвестного состава в работе не используют. Растворы реактивов хранят в плотно закрытой посуде, а легко испаряющиеся – в склянках с двойными шлифованными затворами. Жидкости с резким запахом содержат и переливают только в вытяжном шкафу. Нельзя определять реактивы по запаху из горлышка посуды, а также на вкус. Во время работы на стол выставляют реактивы, необходимые только для данного занятия. Переливать растворы из одной емкости в другую можно с помощью мерных цилиндров, бюреток и пипеток, не допуская их разбрызгивания. Ядовитые жидкости и концентрированные растворы набирают только с помощью резиновой груши или пипетки с баллоном. Твердые вещества, бумагу, вату не выбрасывают, остатки кислот, щелочей и другие жидкие реактивы не выливают в раковину, а собирают их в специально отведенную посуду.

**Цель занятия:** изучить основные методологические принципы физиологии.



### САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

#### *Необходимый исходный уровень знаний*

##### ***Из курса цитологии:***

1. Уровни организации живой материи.
2. Характеристика живого, как биологической системы.
3. Клетка как открытая система. Организация потоков веществ, энергии и информации в клетке.
4. Современные представления о структуре и функциях биологических мембран.

##### ***Из курса физики:***

1. Законы термодинамики в применении к живым организмам.

##### ***По теме занятия:***

1. Общая характеристика физиологии, как науки о механизмах жизнедеятельности организма:
  - основные задачи физиологии;
  - основные этапы развития физиологии;
  - физиология, как научная основа здорового образа жизни;
  - методы исследования в физиологии.
2. Основные принципы в физиологии:
  - целостность организма;
  - единство организма и внешней среды;

- детерминизм;
- аналитико-синтетический подход к изучению функций;
- системный подход.

3. Основные понятия физиологии: система, функция, гомеостаз, регуляция.

4. Клетка, характеристика ее физиологических функций.

5. Физиологическая характеристика ткани: основные виды и функции тканей; информационные межклеточные взаимодействия.

6. Общая физиологическая характеристика органов: функциональные элементы органов; специализация органов; взаимосвязь строения и функции.

7. Общая характеристика организма: понятие организма; основные физиологические системы и их функции; механизмы регуляции функций организма и их взаимосвязь.

8. Основные кибернетические принципы регуляции функций организма:

- прямые и обратные связи;
- отрицательная обратная связь;
- положительная обратная связь.

9. Саморегуляция постоянства внутренней среды организма:

- понятие гомеостаза;
- основные принципы саморегуляции: регуляция по отклонению, регуляция по возмущению; регуляция по прогнозированию.

**Регуляция** – это совокупность физиологических процессов, возникающих в организме в ответ на воздействие факторов внешней и внутренней среды и приводящих к изменениям, которые носят полезный, приспособительный характер.

Все физиологические и физико-химические константы – артериальное давление, осмотическое давление крови, температура тела, количество сахара в крови, количество лейкоцитов и соотношение различных их форм и т.д. – поддерживаются на определенном уровне или переходят с одного уровня на другой только благодаря процессам регуляции. Нарушение регуляторных реакций приводит к возникновению патологических состояний.

Сохранение постоянства констант организма, поддержание функционирования его систем в определенных пределах называется **гомеостазом**. Говоря о гомеостазе, следует иметь в виду, что *константы гомеостаза* могут быть *жесткими* и *нежесткими* (пластичными). **Жесткие константы** – это физико-

химические показатели, которые в нормально функционирующем организме могут изменяться лишь в очень небольших пределах. Например, величина pH крови. Значительные сдвиги жестких констант опасны для жизни. **Нежесткие константы** – физиологические показатели, которые в зависимости от условий могут устанавливаться на более высоком или более низком уровнях.

Существуют два пути реализации регуляторных процессов: нервный и гуморальный. Между ними существует взаимодействие. И нервная, и гуморальная регуляция, взятые как в отдельности, так и во взаимодействии, направлены на достижение одной и той же цели – обеспечить изменение деятельности органов и систем, носящее полезный, приспособительный в данных условиях характер.

Основная реакция, лежащая в основе регуляторных актов – рефлекс. **Рефлекс** – это ответная реакция на воздействие факторов внешней или внутренней среды, которая осуществляется с участием центральной нервной системы. Структурной основой рефлекса является рефлекторная дуга.

Сущность регуляции в организме состоит в том, что нервные центры получают информацию о состоянии различных органов и систем от соответствующих рецепторов и, обработав эту информацию, посылают нужные команды в исполнительные органы. В основе этих процессов лежат **прямые** и **обратные связи**.

В теории управления связью называется передача информации. Прямая связь – это передача команды на исполнение. По обратной же связи доставляется информация о состоянии исполнительного органа. В процессах регуляции (управления) прямая и обратная связи неразрывны. Отрицательная связь удерживает систему на определенном стабильном уровне, а положительная обратная связь работает в механизмах самостимуляции, когда система быстро, скачкообразно переходит на новый уровень.

В зависимости от характера изменений, которые произошли в системе, различают несколько типов регулирования: по отклонению, по возмущению, по параметру и по производной.

**Регулирование по отклонению** состоит в том, что система реагирует на отклонение какого-либо параметра гомеостаза. Регуляция по отклонению надежно компенсирует сдвиги, которые могут возникать в состоянии физиологических систем. Однако при этом имеет место запаздывание. Этого недостатка лишена регуляция по возмущению.

**При регуляции по возмущению** система реагирует на сигналы, которые сообщают не о том, что отклонение уже произошло, а о том, что оно может про-

изойти в будущем. Это регуляция с опережением, а информация, которая при этом поступает, называется опережающей.

Регулирование по возмущению позволяет предупредить возникновение отклонения. Однако в системах, работающих только по возмущению, отсутствуют обратные связи. Поэтому оптимальным вариантом является комбинированная система, которая может работать и по отклонению, и по возмущению. Именно такими являются функциональные системы организма.

**Функциональная система** – это совокупность центральных и периферических образований, взаимодействие которых направлено на достижение определенного полезного для организма результата.

Достижение этого полезного результата обеспечивается деятельностью соответствующего нервного центра, который может включать различные механизмы вегетативной регуляции. Важным компонентом вегетативной регуляции является действие гормонов. Одним из существенных элементов функциональной системы является поведенческая регуляция. Суть ее в том, что нужный результат достигается за счет произвольной двигательной активности. Поведенческая регуляция обычно является более эффективной, чем вегетативная. В ходе метаболизма образуются вещества, которые могут влиять на результат деятельности функциональной системы. С другой стороны, и само поддержание этого результата изменяет уровень и характер метаболизма. Для того чтобы нервный центр мог постоянно получать информацию о том, достигнут или нет необходимый результат, должен быть рецептор результата, т.е. обратная связь (рис.1).

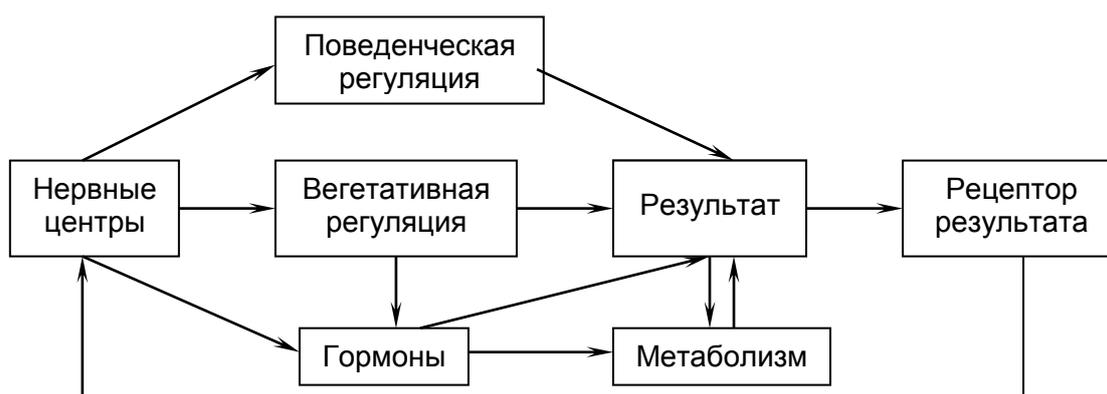


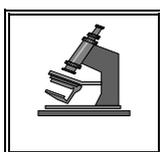
Рис.1. Общая схема функциональной системы, поддерживающая на определенном уровне какую-либо константу организма (Казиков В.Н., 1996)

Системы регулирования в своей деятельности могут использовать и другие принципы, например, регулирование по параметру и по производной. Система, работающая по параметру, реагирует на возникшее в ней отклонение тем

сильней, чем больше его величина. Так, например, в опытах на животных было показано, что чем сильнее охлаждают кровь животного, тем больше интенсивность возникающей мышечной дрожи. Таким образом, *система, работающая по параметру*, реагирует на величину отклонения. *Система, работающая по производной*, реагирует на скорость возникающего отклонения.

### **Основная учебно-методическая литература по курсу «Физиология человека и животных»**

1. Большой практикум по физиологии человека и животных: в 2 т.: учеб. пособие для вузов / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Академия. – (Высшее профессиональное образование). – Т 2: Физиология висцеральных систем. – 2007. – 541 с.: ил
2. Нормальная физиология: учебник для студ. высш. мед. проф. образования / Н.А. Агаджанян, Н.А. Барбараш, А.Ф. Белов и др.; под ред. В.М. Смирнова. – 4-е изд., испр. – М.: Академия, 2012. – 480 с.
3. Физиология человека и животных: учеб. для студ. вузов / под ред. Ю.А. Даринского, В.Я. Апчела. – 2-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2013. – 448 с.
4. Шибкова, Д.З. Физиология человека и животных: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы студентов по специальности 050102 – Биология с доп. специальностью / Д.З. Шибкова; Челяб. гос. пед. ун-т. – Челябинск: ЧГПУ, 2009. – 186 с.



## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: физиология, биологическая система, открытость, саморазвитие, самовоспроизведение, саморегуляция, обмен веществ и энергии, раздражимость, адаптация, целостность организма, детерминизм, функция, гомеостаз, регуляция, нервная регуляция, гуморальная регуляция, функциональная система, прямая связь, обратная связь, отрицательная обратная связь, положительная обратная связь, регуляция по отклонению, регуляция по возмущению, регуляция по прогнозированию.

**Задание 2.** Проанализировать схемы функциональных систем организма (по П.К. Анохину):

- поддержания количества форменных элементов крови;
- поддержания кислотно-щелочного равновесия;

– поддержания газового состава крови.

**Задание 3.** Составить схемы функциональных систем, поддерживающих гомеостатические константы организма (**индивидуальные задания**).



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Дайте биологическую характеристику живого организма.
2. Объясните, почему обмен веществ и энергии – единый процесс?
3. Укажите основные принципы организации многоклеточного организма.
4. Кто является основоположником научной физиологии?
5. Кто является основоположником экспериментальной физиологии в нашей стране?
6. Объясните понятие «гомеостаз». Каково значение гомеостаза?
7. Каковы особенности гуморальной регуляции функций организма?
8. Что такое нервная регуляция функций организма? В чем ее преимущества перед гуморальной?
9. Опишите основные звенья функциональной системы организма.
10. Роль функциональной системы в поддержании гомеостаза и адаптации организма к изменяющимся факторам внешней и внутренней среды.

## ГЛАВА 2. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

Учение о крови, свойствах ее составных частей и их физиологическом значении называется **гематологией**.

Кровь и лимфа составляют внутреннюю среду организма и выполняют многообразные и жизненно важные физиологические функции. Прежде всего, кровь осуществляет обмен веществ между клетками организма и внешней средой, выполняя **метаболическую функцию**. Кровь доставляет к органам и тканям необходимые для их жизнедеятельности питательные вещества (белки, жиры и углеводы) и уносит к органам выделения продукты распада, которые непрерывно образуются в процессе функционирования органов.

Содержащийся в красных кровяных тельцах дыхательный пигмент – гемоглобин – выполняет функцию переноса кислорода от легких к тканям и органам. Углекислота, образующаяся в клетках в процессе их жизнедеятельности, связывается гемоглобином и жидкой частью крови – плазмой – и выводится из организма. В этом заключается **дыхательная функция** крови.

Кровь, как и нервная система, связывает весьма удаленные друг от друга органы. Наряду с нервной регуляцией их деятельности имеет место и гуморальная, которая осуществляется с помощью системы крови. Гормоны, выделяемые железами внутренней секреции, попадают в кровь и разносятся ею по всему организму, вызывая изменение различных функций внутренних органов. В этом состоит **регулирующая функция** крови.

Одним из основных условий нормальной деятельности организма является постоянство внутренней среды. Обладая способностью сохранять относительное постоянство своего состава и свойств (объем, кислотность, осмотическое давление, температура, количество форменных элементов и пр.), кровь выполняет **функцию стабилизации внутренней среды** – **гомеостазиса**. Кровь принимает участие в процессах регуляции температуры организма.

Наконец, одной из важных функций крови является **защитная**. Кровь обладает свойствами, которые ведут как к нейтрализации, так и к ликвидации возбудителей заболевания, попавших в организм. Это свойство лежит в основе учения об **иммунитете**. Защитная функция проявляется также в способности

некоторых лейкоцитов к *фагоцитозу* – захвату и перевариванию посторонних частиц (например, бактерий) и остатков разрушенных клеток. Кровь как саморегулирующаяся система обладает специфическим свойством, препятствующим ее вытеканию из кровяного русла, – *свертыванием*.

Следует отметить, что анализ крови входит в число традиционных задач практикумов по физиологии. Однако в связи с распространением вируса СПИДа и др. заболеваний забор и анализ крови требует особой аккуратности. Часть заданий может выполняться с использованием крови теплокровных животных (мышь) или проверенной донорской крови. Описания процесса забора крови сохранены для того, чтобы студенты получили представление об этих процедурах.

**1**

## Состав крови. Физико-химические свойства крови

занятие

**Цель занятия:** на основе теоретических положений и практических работ изучить структурно-функциональную характеристику элементов крови и физико-химические свойства крови.



### САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

#### ***Необходимый исходный уровень знаний***

##### ***Из курса гистологии:***

1. Состав крови. Функции крови.
2. Форменные элементы крови, их структура и функции.
3. Схема гемопоза. Эмбриональный гемопозз. Физиологическая и репаративная регенерация крови.

##### ***Из курса анатомии:***

1. Органы кроветворения: костный мозг, селезенка, лимфатические узлы; строение, функции, топография.

##### ***Из курса биохимии:***

1. Структура молекулы гемоглобина. Основные формы гемоглобина.
2. Белки сыворотки крови.

### ***По теме занятия:***

1. Понятие о системе крови как о внутренней среде организма, ее основные функции (транспортная, защитная, регуляторная). Гомеостаз.

2. Структурно-функциональная характеристика компонентов крови:

• форменные элементы крови (эритроциты, нейтрофилы, базофилы, эозинофилы, лимфоциты, моноциты, тромбоциты, их функциональное значение);

• плазма крови, ее состав и значение;

• белки крови и их значение;

• возрастные и половые особенности системы крови.

3. Основные физико-химические показатели крови и механизмы их регуляции:

• осмотическое и онкотическое давление крови;

• кислотно-основное состояние крови, вязкость крови;

• гемолиз как нарушение осмотического равновесия клетки и окружающей среды.

4. Гемопоз (эритропоз, лейкопоз) и его регуляция.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учеб.-метод. комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская гос. мед. академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: гомеостаз, кровь, кроветворение (гемопоз), гемопозитины, вязкость, осмотическое давление, онкотическое давление, буферные системы, гемолиз, лейкоциты, лейкоцитарная формула, лейкопения, лейкоцитоз, эритроциты, гемоглобин, метгемоглобин, гематокрит, группы крови, агглютинация, агглютинины, агглютиногены.

**Задание 2.** Изучить основные физиологические константы крови человека.

**Задание 3.** Изучить в ходе практикума некоторые свойства крови и ее форменных элементов.

### ***Оборудование, необходимое на занятии***

*Приборы и посуда:* приборы А.П. Панченкова, скарификаторы, часовые стекла, гемометры Сали, капилляры для взятия крови, тонкие стеклянные палочки, пипетки для дистиллированной воды, пробирки в штативе, восковой карандаш, малые воронки, мерные пипетки, неградуированные пипетки, часы.

*Реактивы и растворы:* 0,1н раствор HCl, 0,1н раствор NaOH, 5%-ный раствор цитрата натрия, 0,9%-ный раствор NaCl, 1%-ный раствор NaCl, дистиллированная вода, спирт, эфир, йод.

*Другие материалы:* донорская кровь, вата, марля.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

---

**Внимание!!!**

Для реализации поставленных задач использовать донорскую кровь. Все манипуляции с кровью проводить в резиновых перчатках с использованием резинового баллончика для заполнения капилляров и пипеток

### **Работа № 1. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ)**

Если предохраненную от свертывания кровь оставить в сосуде на некоторое время, то уже через несколько минут можно заметить образование наверху полосы прозрачной жидкости. Это происходит благодаря оседанию эритроцитов, в результате чего кровь разделяется на две фракции: плазму и форменные элементы крови. Оседание эритроцитов происходит потому, что их удельный вес больше, чем удельный вес плазмы. Кроме того, при оседании эритроцитов наблюдается их объединение в монетные столбики, а затем и в более крупные комочки. Скорость оседания эритроцитов зависит от белкового состава плазмы, главным образом от соотношения глобулинов и альбуминов (в норме альбумино-глобулиновый коэффициент составляет  $АГ = 1,5-2,3$ ). Незначительное изменение этого соотношения вызывает уменьшение или увеличение скорости оседания эритроцитов. Увеличение количества глобулинов ускоряет оседание эритроцитов, что часто наблюдается при различных патологических процессах. В связи с этим скорость оседания эритроцитов (СОЭ) получила диагностическое значение в клинике. Норма СОЭ у мужчины – 3–9 мм/ч, у женщин – 7–12 мм/ч. Увеличение СОЭ может свидетельствовать о начавшейся патологии (туберкулез, воспалительные процессы и т.д.). У беременных женщин СОЭ поднимается до 45 мм за 1 ч.

**Объект исследования:** донорская кровь, или кровь животных, или человека.

**Оборудование:** прибор А.П. Панченкова, скарифikator, часовое стекло, 5%-ный раствор цитрата натрия, спирт, эфир, йод, вата, часы.

**Ход работы:** для определения СОЭ пользуются прибором Панченкова, который состоит из нескольких стеклянных, специально проградуированных капилляров, помещенных в штатив. Капилляры закрепляются в строго вертикальном положении между пружиной с резиновой прокладкой и верхней

упорной планкой. Капилляры градуированы в миллиметрах. Метка «0» стоит на расстоянии 100 мм от нижнего конца. На капилляре есть еще две метки: «К» (кровь) и «Р» (реактив) – на уровне 50 мм (см. рис. 2).

1. *Подготовка оборудования к использованию.* При определении СОЭ необходимо избегать свертывания крови. С этой целью в капилляр до метки «Р» необходимо набрать из колбы противосвертывающее вещество – 5%-ный раствор цитрата натрия (лимоннокислого натрия) и выдуть его на часовое стекло.

2. *Взятие крови:* а) *у человека.* Для прокола кожи используется стальной скарификатор. Перед употреблением лезвие продезинфицируйте: протрите ватой со спиртом и обсушите эфиром. Четвертый палец левой руки, из которого обычно берется кровь, протрите спиртом, а затем эфиром. Левую руку поместите на стол (держат на весу не рекомендуется), сожмите подушечку пальца с двух сторон, коснитесь выпуклой поверхности лезвием и легким нажатием сделайте небольшой надрез. Первую каплю крови снимите сухой ватой. Следующие капли должны выступать сами, без надавливания. Если кровь свернулась, протрите палец сухой ватой, помассируйте, после чего вновь выступит капля крови;

б) *у животных (мышей).* Небольшое количество крови (2–3 капли) можно получить после ампутации кончика хвоста. Перед обрезанием хвост подогревают в теплой воде ( $t = 40\text{--}50^{\circ}\text{C}$ ) и дезинфицируют. После взятия крови рану на хвосте прижигают раствором йода.

3. *Заполнение кровью капилляра.* Получив крупную не растекающуюся каплю, правой рукой осторожно поднесите к ней капилляр (промытый цитратом натрия) первоначально под углом  $45^{\circ}$ . По мере того как кровь будет подниматься в капилляр, меняйте его положение до горизонтального и несколько ниже. Следите за тем, чтобы в капилляр не попали пузырьки воздуха. Наберите кровь до метки «К» и осторожно выдуйте ее на часовое стекло в раствор цитрата натрия.

4. Закончив взятие крови, приложите ватку с йодом к месту разреза кожи.

5. На часовом стекле тщательно перемешайте кровь с раствором и вновь наберите до метки «К». Затем закройте указательным пальцем свободный срез капилляра, уприте узкий его конец в резиновую прокладку прибора А.Н. Панченкова и закрепите капилляр между прокладкой и верхней перекладкой в строго вертикальном положении.

6. Через 1 ч определите скорость оседания эритроцитов, измерив высоту верхнего жидкого слоя плазмы. Обратите внимание, что СОЭ нельзя вычислять.

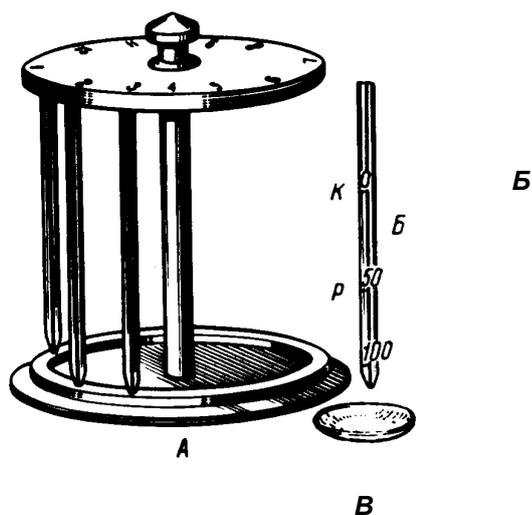


Рис. 2. Прибор А.Н. Панченкова для определения СОЭ (Н.А. Агаджанян, 1996):  
 А – общий вид; Б – капилляр; В – часовое стекло

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** в протокол занесите полученную величину СОЭ.

**Выводы и обсуждение результатов:** сравните полученные величины (несколько проб) с нормой, дайте им оценку. Укажите факторы, влияющие на СОЭ, и объясните их действие.

## **Работа № 2. Определение количества гемоглобина в крови по способу Г. Сали**

Дыхательным пигментом многих животных является гемоглобин (Hb), который содержится у теплокровных позвоночных в красных кровяных тельцах, составляя до 90% сухого веса последних. Важнейшая физиологическая роль гемоглобина – перенос кислорода. Гемоглобин относится к группе сложных хромопротеидов, его молекула состоит из белковой части (глобин) и небелковой части – простетической группы (гем). Молекула гемоглобина включает четыре полипептидные цепи, с каждой из них нековалентно связана особая пигментная группа – гем. Молекула гема содержит 1 атом железа, который обуславливает способность гемоглобина вступать в соединение с кислородом. Структура гема у всех животных практически одинакова. Особенности гемоглобина животных разных видов определяются структурой глобина. Гемоглобин теплокровных имеет молекулярную массу 64000–68000, через оболочку эритроцитов не проникает.

У некоторых беспозвоночных животных (кольчатые черви, моллюски отдельных видов) кислород также связывается и переносится с помощью гемоглобина. Однако у этих животных гемоглобин находится не в клетках, а растворен в гемолимфе. Это должно приводить к повышению онкотического давления. Такой нежелательный эффект устраняется в результате увеличения молекулярной массы гемоглобина (до одного–трех миллионов).

Содержание гемоглобина у здоровых женщин составляет 120–140 г/л, а у мужчин – 130–160 г/л. Указанные величины означают, что каждые 100 мл крови содержат 12–16 г Нб.

Определение количества Нб у человека имеет диагностическое значение для распознавания малокровия и других заболеваний. Количество Нб в крови может быть определено по интенсивности окраски кровяного пигмента (колориметрический способ). Обычно для определения гемоглобина пользуются простейшим колориметром – гемометром Сали.

Гемометр Г. Сали (рис. 3) представляет собой штатив, задняя стенка которого сделана из белого матового стекла. В штатив вставлены три пробирки одинакового диаметра. Две крайние пробирки запаяны и заполнены стандартным раствором солянокислого гематина (Нб + HCl) или специально подобранной краски, служащих стандартом для определения Нб. Стандартный раствор хлорида гематина соответствует 167 г/л гемоглобина. Средняя пробирка градуирована и предназначена для проведения исследования. Цифра 100 на градуированной пробирке гемометра соответствует 16,67 г гемоглобина в 100 мл цельной крови и условно принимается за 100% гемоглобина в крови человека.

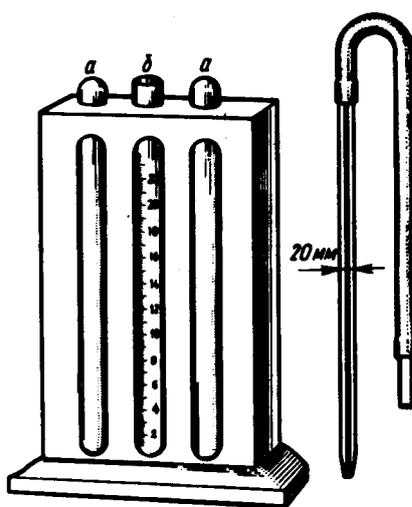


Рис. 3. Гемометр Г. Сали и капилляр (Н.А. Агаджанян, 1996)

К прибору прилагается капилляр с меткой 20 мм<sup>3</sup> и стеклянная палочка.

**Объект исследования:** донорская кровь.

**Оборудование:** гемометр Г. Сали, капилляр для взятия крови, тонкая стеклянная палочка, пипетка для дистиллированной воды, 0,1н раствор HCl, вата, марля, спирт, эфир, йод, дистиллированная вода.

**Ход работы:** 1. Налейте в градуированную (среднюю) пробирку гемометра Сали раствор HCl до кольцевой метки, имеющейся на ее нижней части.

2. Наберите кровь в капилляр до метки (20 мм<sup>3</sup>), убирая излишки путем прикладывания фильтровальной бумаги к кончику капилляра.

3. Ватой оботрите кончик капилляра снаружи, опустите его в раствор соляной кислоты, затем осторожно, не вызывая образования пены, выпустите кровь на дно пробирки в раствор кислоты.

4. Промойте пипетку повторным втягиванием и выдуванием кислоты, не вынимая ее из раствора. Далее встряхните содержимое пробирки, ударяя пальцем по ее дну.

5. Поставьте пробирку в штатив (прибор) на 5–10 мин; за это время эритроциты разрушатся и произойдет превращение гемоглобина в солянокислый гематин, окрашивающий раствор в коричневый цвет.

6. Через указанное время к содержимому пробирки чистой пипеткой добавляйте по каплям дистиллированную воду до тех пор, пока цвет полученного раствора не будет совершенно одинаков с цветом стандарта (добавляя воду, раствор перемешивайте стеклянной палочкой).

7. Когда цвет раствора во всех пробирках станет одинаковым, определите, какому значению шкалы соответствует уровень раствора солянокислого гематина в средней пробирке. Цифра, стоящая на уровне нижнего мениска полученного раствора, показывает содержание гемоглобина в граммах на 100 г исследуемой крови (при переводе в единицы СИ полученную цифру умножают на 10, получая величину гемоглобина в граммах на 1 л крови).

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** запишите полученную концентрацию гемоглобина в протокол исследования.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученную величину с нормой.

### Работа № 3. Воспроизведение гемолиза вне организма

*Гемолизом* называется выход гемоглобина в раствор, обусловленный повреждением оболочек эритроцитов. При этом кровь становится прозрачной, «лаковой». Различают несколько видов гемолиза: осмотический, механический, термический, химический и биологический.

*Осмотический гемолиз*, происходящий в гипотоническом растворе, объясняется тем, что вода, проникая в эритроциты, в конечном итоге приводит к разрыву их оболочек. *Термический гемолиз*, наступающий при промораживании крови, в сущности сводится к механическому повреждению эритроцитов образующимися в них кристалликами льда. *Химический гемолиз* наступает в результате растворения белковой или липидной части плазмалеммы эритроцитов щелочами, бензином, эфиром, хлороформом и т.д. *Механический гемолиз* наблюдается при длительных механических воздействиях на кровь (встряхивание, сдавливание). *Биологический гемолиз* наступает под влиянием специфических гемолизинов растительного (сапонин) или животного происхождения (яды пчелы, глистов, змей, бактериальные токсины).

**Объект исследования:** донорская кровь.

**Оборудование:** пробирки в штативе, 0,1н раствор HCl, 0,1н раствор NaOH, спирт, дистиллированная вода, 0,9%-ный раствор NaCl, пипетки.

**Ход работы:** 1. Поставьте 5 пробирок в штатив и пронумеруйте каждую из них восковым мелком. Налейте в каждую из них по 3 мл соответственно 0,1н раствора HCl, 0,1н раствора NaOH, спирта, дистиллированной воды, 0,9%-го раствора NaCl.

2. Во все пять пробирок добавьте по 3 капли крови и встряхните пробирки, перемешивая содержимое.

3. Через 40–60 мин наблюдайте за изменением цвета и прозрачности жидкости в пробирках.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** определите наличие или отсутствие гемолиза в каждом случае:

1. *Частичный гемолиз* характеризуется окрашиванием раствора и появлением осадка неразрушенных эритроцитов.

2. *Полный гемолиз* определяется по интенсивности алой окраски и отсутствию осадка.

3. Об *отсутствии гемолиза* свидетельствует светлый прозрачный раствор и большое количество осадка.

Полученные результаты занесите в таблицу 1.

## Гемолиз вне организма

Варианты опыта	Окраска полученного раствора	Наличие осадка эритроцитов	Заключение о степени гемолиза
0,1н раствор HCl + кровь			
0,1н раствор NaOH + кровь			
Спирт + кровь			
Дист. вода + кровь			
0,9%-ный раствор NaCl + кровь			

**Выводы и обсуждение результатов:** опишите механизмы гемолиза для каждого случая.

#### Работа № 4. Определение осмотической устойчивости эритроцитов

Концентрация электролитов в плазме человека составляет около 0,9%. Эритроциты обладают избирательно проницаемой мембраной, которая пропускает воду, сахар, анионы и малопроницаема для катионов. Давление ( $P$  – осмотическое давление, онкотическим давлением можно пренебречь) внутри эритроцитов обусловлено электролитами, главным образом – KCl.  $P$  плазмы и  $P$  эритроцитов взаимно уравновешены, их величина поддерживается постоянной и равняется 7,8 атм.

Растворы солей,  $P$  которых равно  $P$  внутри эритроцитов, называются *изотоническими*. В них эритроциты сохраняют свою форму и величину. Таков, например, физиологический раствор. Растворы,  $P$  которых больше  $P$  внутри клетки, называются *гипертоническими*. В них часть воды из эритроцитов выходит наружу и последние сжимаются. Растворы с  $P$  меньшим, чем в эритроцитах, называются *гипотоническими*. Эритроциты, помещенные в них, разрушаются (лопаются), и их содержимое – гемоглобин – вытекает в раствор, т.е. происходит *осмотический гемолиз*. В слабо гипотонических растворах эритроциты набухают, но не лопаются. В растворах с большей степенью гипотонии разрушению подвергаются не все эритроциты – частичный гемолиз. В сильно гипотонических растворах эритроциты полностью разрушаются – наступает полный гемолиз (лаковая кровь). Устойчивость эритроцитов к гипотонии носит название *осмотической резистентности*.

**Объект исследования:** донорская кровь.

**Оборудование:** штатив для пробирок, 8 пробирок, восковой карандаш, малые воронки, мерные пипетки, неградуированная пипетка, стеклянная палочка, 1%-ный раствор NaCl, дистиллированная вода.

**Ход работы:** 1. Приготовьте растворы NaCl различной концентрации, возьмите восемь пробирок и пронумеруйте их восковым карандашом. В каждую пробирку налейте дистиллированную воду и 1%-ный раствор NaCl (см. табл. 13). Для приготовления растворов используйте мерные пипетки. Причем сначала следует во все пробирки налить воду, а затем раствор соли. Пробирки с раствором NaCl разместите в штативе по убывающей концентрации.

2. В каждую пробирку с помощью пипетки прибавьте по 3–5 капель (во все пробирки одинаковое количество) приготовленной заранее крови (лишенной белка фибрина). Полученный раствор взболтайте, пробирки по номерам расставьте в штативе на 1 ч (при наличии центрифуги отцентрифугируйте в течение 5 мин).

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Определите наличие или отсутствие гемолиза в каждом случае и полученные результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2

**Получение убывающей концентрации раствора NaCl  
и осмотическая резистентность эритроцитов**

Концентрация раствора NaCl	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
Объем 1%-го раствора NaCl	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Объем дистиллированной воды	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Окраска полученного раствора								
Наличие и количество осадка эритроцитов								
Заключение								

2. Установите границы (в цифрах процентной концентрации раствора соли) устойчивости эритроцитов (максимальную и минимальную резистентность). Минимальная устойчивость эритроцитов соответствует появлению первых признаков гемолиза (в норме – 0,46–0,42%-ный раствор NaCl), а максимальная – возникновению полного гемолиза (в норме – 0,32–0,3%-ный раствор NaCl).

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные результаты с нормой. Объясните причину и механизмы разной устойчивости эритроцитов к гипотоническим растворам.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Какое значение имеет постоянство состава плазмы, как оно поддерживается?
2. Что общего и в чем состоит различие между тканевой жидкостью, лимфой и кровью?
3. Каков показатель рН крови? Чем характеризуется состояние ацидоза и алкалоза?
4. Какова физиологическая роль онкотического и осмотического давления?
5. Какие растворы являются физиологическими, изотоническими, гипертоническими, гипотоническими?
6. Каково физиологическое значение осмотической устойчивости эритроцитов?
7. Какие факторы определяют скорость оседания эритроцитов?
8. Что такое гемолиз, виды гемолиза?

### *Контрольные задания*

1. Дайте характеристику основным буферным системам крови.
2. Перечислите все функции эритроцитов, опишите особенности их строения.
3. Дайте физиологическую характеристику гемоглобину и его производным.
4. Укажите продолжительность жизни форменных элементов крови и объясните механизм поддержания постоянства их состава.
5. Представьте схему эритропоэза и укажите гуморальные факторы, стимулирующие эритропоэз.

## **Контрольные задачи**

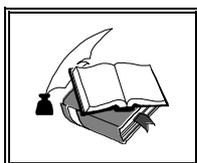
1. Дайте объяснение следующему факту: у здорового человека оксигемоглобин эритроцитов, находящийся в поверхностных капиллярах, придает красную окраску губам и слизистым оболочкам, но когда человеку холодно, губы синеют.
2. Объясните состояние цианоза при заболеваниях легких и сердца.
3. Объясните, чем вызвано уменьшение транспорта кислорода у курильщиков.
4. Рассчитайте содержание кислорода во всем объеме крови взрослого человека.
5. Рассчитайте содержание гемоглобина в вашем организме.
6. Почему во время полового созревания дефицит железа у мальчиков обычно исчезает, а у девочек – увеличивается?
7. Объясните, как кровь, движущаяся по замкнутой системе сосудов, выполняет функции доставки питательных веществ и кислорода клеткам и удаления из них продуктов жизнедеятельности.
8. При длительном голодании у людей появляются так называемые голодные отеки. Объясните данное явление.

**2**

**Защитные реакции крови**

**занятие**

**Цель занятия:** на основе теоретических положений и практических работ изучить некоторые особенности протекания и механизмы реализации защитных реакций организма.



**САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ**

### ***Необходимый исходный уровень знаний***

1. Свертывание крови как защитная реакция организма.
2. Свертывающая система крови:

– сосудисто-тромбоцитарный гемостаз: фазы; структура и функции тромбоцитов;

– коагуляционный гемостаз: фазы; факторы свертывания крови (тканевые и плазменные).

3. Противосвертывающая система крови. Антикоагулянты. Фибринолиз.

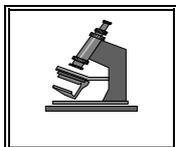
4. Группы крови человека. Системы групп крови. Системы АВО и резус-фактора, другие системы. Правила переливания крови.

5. Иммунитет. Характеристика видов иммунитета.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Дать понятия: гомеостаз, кровь, кроветворение (гемопоз), гемостаз, свертывающие системы крови, сосудисто-тромбоцитарный гемостаз, тромбоциты, адгезия тромбоцитов, агрегация тромбоцитов, ретракция тромба, коагуляционный гемостаз, антисвертывающая система крови, фибринолиз, группы крови, антитело, антиген, агглютинация, агглютинины, агглютиногены.

**Задание 2.** Познакомиться с методом определения скорости свертывания крови (Работа № 1).

**Задание 3.** Изучить механизмы свертывания крови. Выяснить значение свертывающих и противосвертывающих факторов (Работа № 2).

**Задание 4.** Познакомиться с явлением агглютинации эритроцитов крови и определить групповую принадлежность донорской крови (Работы № 3, 4).

### ***Оборудование, необходимое на занятии***

*Приборы и посуда:* скарификатор, пипетки, стеклянные палочки, предметные стекла, пробирки, водяная баня, водный градусник, центрифужная пробирка, мерная пипетка, металлическая метелочка, центрифуга.

*Реактивы и растворы:* стандартная сыворотка II и III групп, стандартная сыворотка для определения резус-принадлежности крови, стерильный 10%-ный раствор желатина, обработанный альбуцидом (из расчета 10 мг альбуцида на 1 мл желатина), физиологический раствор, 2%-ный раствор хлористого кальция, 5%-ный раствор лимоннокислого натрия, 10%-ный раствор гепарина, спирт, йод.

*Другие материалы:* Виртуальный практикум «Физиология крови»; «Механизм свертывания крови», «Определение скорости свертывания крови», вата.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

---

### Работа № 1. Определение скорости свертывания крови

Кровь, выпущенная из кровеносного русла, обладает способностью свертываться. Свертывание крови – это биологический ферментативный процесс, играющий защитную роль и направленный на сохранение жизни организма. При нарушении целостности кровеносного сосуда образуется сгусток – тромб, который закупоривает сосуд. Таким образом прекращается кровотечение и не происходит значительной потери крови.

Скорость свертывания крови зависит от взаимодействия свертывающих, противосвертывающих и фибринолитических факторов.

В клинической практике используют несколько методов определения скорости свертывания крови (см. ниже). Данные методы позволяют выявить лишь грубый дефицит факторов свертывания.

**Объект исследования:** кровь.

**Оборудование:** скарификатор, предметное стекло, часовое стекло, стеклянные палочки, капилляр Панченкова, секундомер, фильтровальная бумага, спирт, эфир, йод, вата.

**Ход работы:** скорость кровотечения измеряется временем от начала появления крови из сосуда до образования сгустка.

1. Поместите каплю крови на предметное стекло. Через каждые 10 сек. наклоняйте стекло. Момент, когда капля при наклоне стекла не будет менять свою форму, соответствует началу свертывания крови (**способ Ли – Уайта**).

2. Каплю крови поместите на часовое стекло и осторожно помешивайте стеклянной палочкой. Первая нить фибрина на палочке свидетельствует о начале свертывания крови (**способ Моравица**). Нормальные показатели скорости свертывания крови при использовании данного метода 5–8 мин при комнатной температуре.

3. Через каждые 10 сек. прикасайтесь к выпуклой поверхности капли крови фильтровальной бумагой. Отпечаток капли на бумаге с каждым прикосновением становится все меньше. Скорость свертывания отмечается временем от появления первой капли до прекращения появления следов крови на бумаге (**способ Дюна**). В норме скорость свертывания крови по способу Дюна составляет 4 мин.

4. Сопоставить время свертывания крови, определенное каждым из описанных способов.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** запишите время свертывания крови.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные величины с нормативными значениями времени свертывания крови. Опишите нейрогуморальные механизмы стабилизации агрегатного состояния крови при временной активации свертывающей или противосвертывающей систем.

## **Работа № 2. Механизм свертывания крови**

Кровь, выпущенная в пробирку, образует кровяной сгусток, вокруг которого находится прозрачная жидкость – кровяная сыворотка. Сыворотка в отличие от плазмы не содержит белка – фибрина. Сгусток крови – это тесно переплетенные нити фибрина, между которыми «застревает» большое количество эритроцитов.

В реакции свертывания крови участвует ряд веществ, часть из них содержится в плазме, а часть – в форменных элементах крови. Белок фибрин растворен в плазме и находится в неактивном состоянии (фибриноген), активируется фибриноген только при действии на него фермента тромбина. Последний тоже находится в плазме в неактивном состоянии (протромбин) и переходит в активный фермент – тромбин – при действии тромбопластина, который содержится в тромбоцитах, лейкоцитах, в стенках кровеносных сосудов и в мышечной ткани. Протромбин активируется при обязательном участии ионов кальция.

Если кровь, только что выпущенную из сосуда, взбивать специальной метелочкой, то происходит разрушение тромбоцитов и из них освобождается тромбопластин. Он переводит протромбин в тромбин и активирует фибриноген. Последний переходит в нерастворимое состояние, образуя тонкие белесоватые нити, которые извлекаются из крови при помешивании. Этот процесс называется *дефибринованием крови*.

При высокой температуре скорость свертывания крови увеличивается, при низкой – замедляется. Цитрат и оксалат натрия (лимоннокислый и щавелевокислый натрий) способны присоединять ионы кальция, что предотвращает свертывание крови.

На основании такого свойства цитрат натрия используется при консервировании крови. К веществам биологического происхождения, предотвращающим

свертывание крови, относятся гирудин (вырабатывается у пиявок), гепарин (вырабатывается в печени), змеиный яд и др.

Введение в кровь веществ, содержащих ионы кальция, экстрактов тканей, желатина и др., ускоряет свертывание крови.

**Объект исследования:** кровь животного.

**Оборудование:** 6 пробирок, из которых одна внутри покрыта парафином, центрифужная пробирка, пипетки, мерная пипетка, металлическая метелочка, центрифуга, 2%-ный раствор хлористого кальция, 5%-ный раствор лимоннокислого натрия, 10%-ный раствор гепарина.

**Ход работы:** 1. Пронумеруйте пробирки, начиная с парафиновой, на центрифужной укажите номер 6.

2. В пробирку № 4 налейте 1–2 капли раствора гепарина; в пробирку № 5 – 0,5 мл 5%-ного раствора лимоннокислого натрия.

3. Возьмите кровь у животного и добавьте в пробирки согласно схеме:

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
Объем крови, мл	1,5	1,5	2,5	1	4–5	–	–

4. Определите время свертывания крови в пробирках № 1 и № 2. Сравните полученные результаты.

5. Кровь в пробирке № 3 взбейте метелочкой (10–15 мин) до образования нитей фибрина. Отмойте фибрин от форменных элементов крови. Рассмотрите сетчатую структуру фибрина.

6. В пробирке № 4 наблюдайте воздействие гепарина на процесс свертывания крови.

7. В пробирке № 5 тщательно перемешайте кровь с раствором лимоннокислого натрия. Отметьте влияние лимоннокислого натрия на процессы свертывания крови.

8. Отлейте из пробирки № 5 два мл крови в пробирку № 6 (центрифужная). Пробирку № 6 отцентрифугируйте 5 мин при 1000 об/мин. Полученную плазму с помощью пипетки переместите в пробирку № 7.

9. Добавьте по 1–2 капли раствора  $\text{CaCl}_2$  в пробирки № 5 и № 7. Наблюдайте образование соответственно красного и белого тромба.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления в протоколе работы.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** опишите механизм процесса свертывания крови. Укажите факторы, влияющие на скорость свертывания крови.

### Работа № 3. Определение группы крови

Видовые различия крови распространяются как на форменные элементы, так и на химический состав плазмы. Введение крови животного одного вида в кровяное русло животного другого вида приводит к нарушению физиологических функций организма и образованию антител (антитоксинов, преципитинов, цитолизинов, бактериолизинов, гемолизинов и др.). Наиболее важной группой антител являются *агглютинины*, которые вырабатываются в ответ на введение в кровь чужеродных кровяных элементов – *агглютиногенов*. Агглютинины вызывают склеивание эритроцитов чужой крови (реакция *гемоагглютинации*), а преципитины их осаждают (реакция *преципитации*).

Агглютинины, как и другие антитела, обладают специфичностью, т.е. способны склеивать только определенные эритроциты, содержащие соответствующий агглютиноген. Внутривидовые биологические различия легли в основу учения о группах крови, исследование которых необходимо для практики переливания крови.

Мембрана эритроцитов человека является носителем более 300 антигенов, обладающих способностью вызывать против себя образование иммунных антител. Часть этих антигенов объединена в 20 генетически контролируемых систем групп крови (ABO, Rh-, Дафи, M, N, S, Леви, Диего). Система антигенов эритроцитов ABO отличается от других групп крови тем, что содержит в сыворотке крови естественные антитела (агглютинины) –  $\alpha$  и  $\beta$ .

Таким образом, существует два рода агглютининов –  $\alpha$  и  $\beta$ , которые содержатся в плазме крови, и два рода агглютиногенов – A и B, которые содержатся в эритроцитах. В крови одного человека никогда не сочетаются комбинации A и  $\alpha$  или B и  $\beta$ , так как агглютинин  $\alpha$  вызывает склеивание эритроцитов, содержащих агглютиноген A, а агглютинин  $\beta$  – эритроцитов, содержащих агглютиноген B.

В зависимости от наличия в крови тех или других веществ различают 4 группы крови.

Группа крови сохраняется у человека в течение всей жизни. Классифицируются группы по номенклатуре 0, A, B, AB или по Янскому – I, II, III, IV (табл. 3).

## Группы крови человека

Наименование группы	Агглютинины (антитела) в сыворотке	Агглютиногены (антигены) в эритроцитах
0 ( I )	$\alpha$ , $\beta$	–
A ( II )	$\beta$	A
B ( III )	$\alpha$	B
AB ( IV )	–	AB

Человек, у которого берут кровь для переливания, называется *донором*, а получатель крови – *реципиентом*. При смешивании крови донора и реципиента агглютинация наступает в том случае, если встречаются факторы A и  $\alpha$ , B и  $\beta$ .

При переливании крови учитывают лишь свойства эритроцитов донора и свойства плазмы реципиента, пренебрегая агглютинирующими свойствами плазмы донора, так как она вводится в малом количестве и, разводясь в крови реципиента, теряет свои агглютинирующие свойства.

При определении группы крови применяют готовые и стандартные сыворотки II и III групп, которые позволяют установить свойства эритроцитов.

**Объект исследования:** кровь.

**Оборудование:** стандартная сыворотка II и III групп, две пипетки, две стеклянные палочки, предметные стекла, скарификатор, спирт, эфир, йод, вата.

**Ход работы:** 1. На два конца чистого предметного стекла палочкой нанесите по капле сыворотки: на один конец – сыворотку II группы, на другой – III группы. Чтобы избежать ошибки, на стекле возле каждой капли напишите восковым карандашом номер группы сыворотки. Сыворотку берите из ампул разными стеклянными палочками.

2. В каждую из них добавьте по капле исследуемой крови. Тщательно перемешайте кровь в капле сыворотки, используя отдельные палочки. Реакция агглютинации наступает через 1–5 мин.

3. Через 5 мин после смешивания крови с сыворотками установите группу исследуемой крови в зависимости от наличия или отсутствия агглютинации.

Если агглютинации не происходит, капля представляет собой равномерную мутную взвесь эритроцитов. В случае агглютинации ясно видно (невооруженным глазом) образование хлопьев из эритроцитов среди прозрачной жидкости (рис. 4).

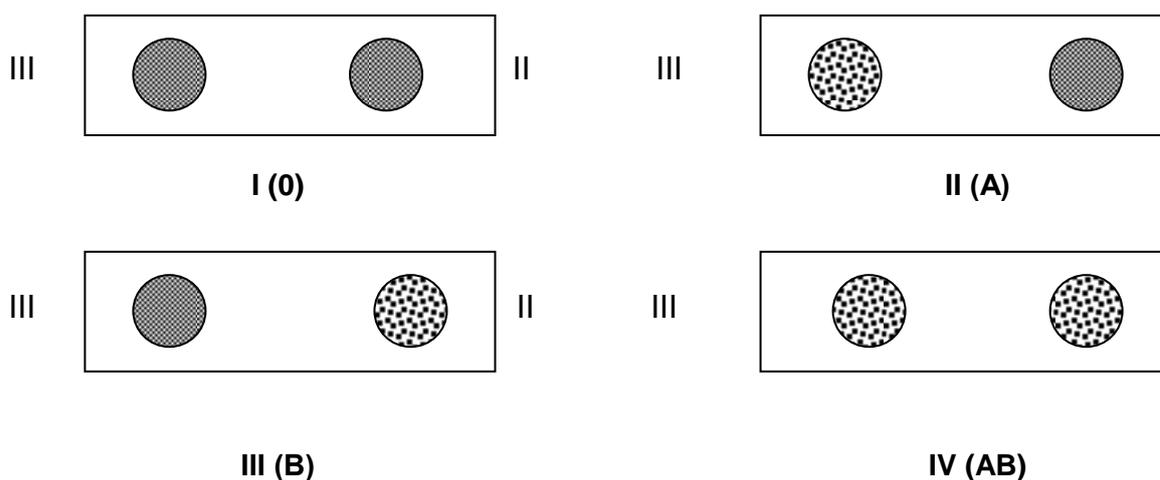


Рис. 4. Определение группы крови

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

1. Зарисуйте картину, получившуюся на стекле при определении групп крови.
2. Отметьте наличие или отсутствие агглютинации в каплях сыворотки.
3. Проанализируйте полученные результаты по схеме (табл. 4.):

Таблица 4

**Схема определения групповой принадлежности крови**

Группы крови	Агглютинация эритроцитов	
	Сыворотка II группы + кровь	Сыворотка III группы + кровь
I	нет	нет
II	нет	есть
III	есть	нет
IV	есть	есть

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите, какие агглютиногены и агглютинины содержатся в исследуемой крови и какой она группы. Объясните механизм агглютинации эритроцитов.

**Работа № 4. Определение резус-фактора крови**

В эритроцитах 85% людей помимо агглютиногенов А и В содержится особый антиген – резус-фактор (Rh-фактор), открытый в 1940 г. К. Ландштейнером и Р. Винтером. Такая кровь называется *резус-положительной*. У 15% людей нет резус-фактора (*резус-отрицательная кровь*). Сыворотка крови людей не со-

держит соответствующих резус-фактору готовых агглютининов. Однако они могут образовываться при определенных условиях, например, после того как субъекту с резус-отрицательной кровью перельют резус-положительную кровь. При последующем переливании совместимой, но резус-положительной крови у ранее иммунизированного реципиента может наступить гемотрансфузионный шок в результате реакции между резус-положительными эритроцитами и образовавшимися антирезус-агглютинами.

Определение Rh-фактора так же необходимо, как и определение группы крови людей.

**Объект исследования:** донорская кровь.

**Оборудование:** пробирки, вата, стандартная сыворотка, стерильный 10%-ный раствор желатины, обработанный альбуцидом (из расчета 10 мг альбуцида на 1 мл желатины), физиологический раствор.

**Ход работы:** 1. На дно пробирки, используя разные пипетки, поместите каплю стандартной сыворотки, каплю желатина и каплю крови.

2. Пробирку поставьте на 5 мин в водяную баню, температура 47–49 °С.

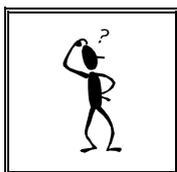
3. Через 5 мин в пробирку добавьте 3 мл физиологического раствора, перемешайте содержимое пробирки, зажав ее между большим и средним пальцами правой руки.

4. Рассмотрите пробирку на свет, установите, произошла ли агглютинация.

В случае положительной реакции в растворе появляются мелкие хлопья. При отрицательной реакции содержимое пробирки гомогенно. В сомнительных случаях рекомендуется каплю раствора поместить на предметное стекло и рассмотреть положение эритроцитов под микроскопом при малом увеличении. При агглютинации они расположены группами, в противном случае равномерно распределены в плазме.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** отметьте наличие или отсутствие агглютинации в пробирке.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите резус-принадлежность исследуемой крови.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### ***Контрольные вопросы***

1. Перечислите основные факторы системы свертывания крови.
2. Как ускорить, замедлить и предотвратить свертывание крови?
3. Назовите основные компоненты крови, определяющие групповую принадлежность. Что лежит в основе групповой несовместимости?
4. При каких условиях образуются антирезусные антитела?
5. С какой целью при сильных кровотечениях людям в кровь вводят раствор хлорида кальция?
6. С какой целью при консервировании крови в нее добавляют цитрат натрия?

### ***Контрольные задания***

1. Дайте классификацию лейкоцитов и укажите функции каждого вида лейкоцитов.
2. Объясните, как лейкоциты попадают из сосудов в межклеточное вещество. Чем представлен сократительный аппарат лейкоцитов?
3. Представьте схему процесса воспаления при попадании в ткань занозы.
4. В организме свертывание крови отражает взаимодействие свертывающей и противосвертывающей системы крови. Опишите нейрогуморальные механизмы активации свертывающей или противосвертывающей системы.

### ***Контрольные задачи***

1. Известно, что воспаленное место краснеет, отекает, часто образуется гной, повышается температура в области воспаления или температура тела. Объясните, чем обусловлены эти признаки?
2. Пациент в состоянии острого психического стресса перенес инфаркт миокарда. Объясните причинно-следственные связи указанных состояний.
3. При наличии в сосудах атеросклеротического процесса повышается вероятность образования тромба внутри сосуда. Какими механизмами обусловлено данное явление?

### ГЛАВА 3. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Кровь в организме высших позвоночных животных непрерывно циркулирует по замкнутой системе кровеносных сосудов, которая подразделяется на большой и малый круги кровообращения. В **большом круге кровообращения** кровь циркулирует по сосудам всех органов тела, а в **малом**, или **легочном, круге кровообращения** проходит через систему легочных капилляров, обогащается кислородом и освобождается от углекислого газа.

Центральный орган кровообращения – **сердце**, выполняет роль нагнетательного насоса, создающего необходимую скорость движения и давления крови в сосудах. Сердце состоит из ряда отделов. У млекопитающих в сердце выделяют четыре камеры – **правое и левое предсердия, правый и левый желудочки**. Правая половина сердца называется **венозной**, левая – **артериальной**. В левое предсердие по легочным венам попадает артериальная кровь, которая из левого желудочка по аорте и системе артерий поступает в большой круг кровообращения, снабжающий кровью почти весь организм. В капиллярах кровь отдает кислород клеткам и тканям, поглощает углекислый газ и превращается в венозную кровь, которая по системе верхней и нижней полых вен поступает в правое предсердие. Из правого желудочка она направляется к легким по легочной артерии, где вновь насыщается кислородом.

Безостановочное движение крови по сосудам обусловлено ритмическими сокращениями и расслаблениями сердца и эластичностью кровеносных сосудов. При сокращении сердца (**систола**) кровь выталкивается из камер, при расслаблении (**диастола**) поступает в предсердия и желудочки. Вначале сокращаются оба предсердия (**систола предсердий**), затем оба желудочка (**систола желудочков**), а предсердия в это время приходят в состояние расслабления (**диастола предсердий**). Далее наступает **диастола желудочков**, совпадающая с диастолой предсердий (**общая пауза**), в конце которой вновь происходит систола предсердий. Систола, диастола и пауза составляют **сердечный цикл**. У человека в покое сердце выполняет 70–80 сокращений в 1 мин; таким образом, длительность одного сердечного цикла равна приблизительно 0,8 сек.

Между предсердиями и желудочками располагаются **атрио-вентрикулярные клапаны (А–ВК)**, которые обеспечивают односторонний ток крови из предсердия в желудочки. Аналогичную функцию выполняют **полулунные кла-**

**паны аорты**, которые открываются в момент систолы и захлопываются с началом диастолы, обеспечивая ток крови в направлении от сердца в артерии.

У рыб сердце состоит из двух камер – предсердия и желудочка, у амфибий и низших рептилий из трех камер – двух предсердий и одного желудочка, только у высших рептилий, птиц и млекопитающих сердце разделено на четыре камеры. Таким образом, в ходе эволюции происходит постепенное усложнение строения сердца, направленное на все более полное разделение его венозной и артериальной половин.

**1**

## Физиологические свойства сердечной мышцы

**занятие**

**Цель занятия:** изучить основные свойства сердечной мышцы.



### САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

#### **Необходимый исходный уровень знаний**

##### **Из курса зоологии:**

1. Понятие «система кровообращения».
2. Строение сердца млекопитающих.

##### **Из курса цитологии:**

1. Структурно-функциональная характеристика биологических мембран.
2. Мембранные потенциалы и их ионные механизмы.

3. Особенности строения миофибриллы как структурно-функциональной единицы мышечного волокна.

4. Молекулярные механизмы мышечного сокращения.

##### **Из курса гистологии:**

1. Особенности структурной организации поперечно-полосатой сердечной мышечной ткани. Отличительные особенности поперечно-полосатой сердечной мышечной ткани от поперечно-полосатой скелетной мышечной ткани.

2. Развитие и регенерация поперечно-полосатой сердечной мышечной ткани.

### ***Из курса анатомии:***

1. Особенности строения сердца человека.
2. Особенности строения стенки сердца.
3. Источники и особенности развития сердца человека в онтогенезе.

### ***По теме занятия:***

1. Общая характеристика системы кровообращения: понятие кровообращения, основные компоненты системы кровообращения; роль и место системы кровообращения в поддержании жизнедеятельности организма.

2. Сердце как компонент системы кровообращения. Морфо-функциональная характеристика сердца.

3. Сердечный цикл, его фазы. Работа клапанного аппарата в различные фазы сердечного цикла.

4. Общая характеристика основных физиологических свойств сердца: автоматия, возбудимость, проводимость, сократимость.

5. Возбудимость, проводимость и автоматия миокарда:

- строение и функции проводящей системы сердца; скорость проведения возбуждения в различных отделах проводящей системы сердца;

- биопотенциалы кардиомиоцитов и их ионные механизмы.

6. Сократимость и сокращение миокарда:

- основные закономерности сокращения сердечной мышцы:

- зависимость «сила стимула – сила сокращения» (закон «все или ничего»);

- зависимость «частота стимула – сила сокращения» («лестница Боудича»);

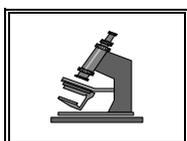
- зависимость «длина кардиомиоцитов – сила сокращения»

- (закон Франка – Старлинга);

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: система кровообращения, сердечная мышца, функциональный синцитий, проводящая система сердца, типичные кардиомиоциты, атипичные кардиомиоциты, пейсмекер, автоматия, градиент автоматии, возбудимость, проводимость, сократимость, возбуждение, потенциал покоя, потенциал действия, деполяризация, реполяризация, рефрактерность, абсолютная рефрактерность, относительная рефрактерность, экстрасистола, компенсаторная пауза, закон «все или ничего», «лестница Боудича», сердечный цикл, систола, диастола, фаза напряжения, фаза изгнания, фаза расслабления, фаза наполнения.

**Задание 2.** Изучить последовательность и механизмы фаз сердечного цикла (Виртуальный практикум. Работа № 1).

**Задание 3.** Изучить изменения возбудимости сердца в различные фазы сердечного цикла. Определить условия возникновения экстрасистолы и компенсаторной паузы (Виртуальный практикум. Работа № 2).

**Задание 4.** Доказать наличие автоматии сердца и изучить автоматизм различных его элементов (Виртуальный практикум. Работа № 3).

### **Оборудование, необходимое на занятии**

*Виртуальный практикум. Проектор, экран.*

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### **Работа № 1. Наблюдение деятельности сердца лягушки**

Сердце лягушки, извлеченное из организма, обладает способностью самопроизвольно сокращаться. Это свойство сердечной мышцы названо *автоматией*. Внимательно наблюдайте последовательность фаз сердечной деятельности по видеопрактикуму.

Рекомендации к оформлению результатов работы:

1. Опишите последовательность фаз сердечной деятельности.
2. Зарисуйте полученную в опыте кардиограмму на основе видеосюжета, отметив участки, соответствующие систоле предсердий, систоле желудочка и общей паузе.

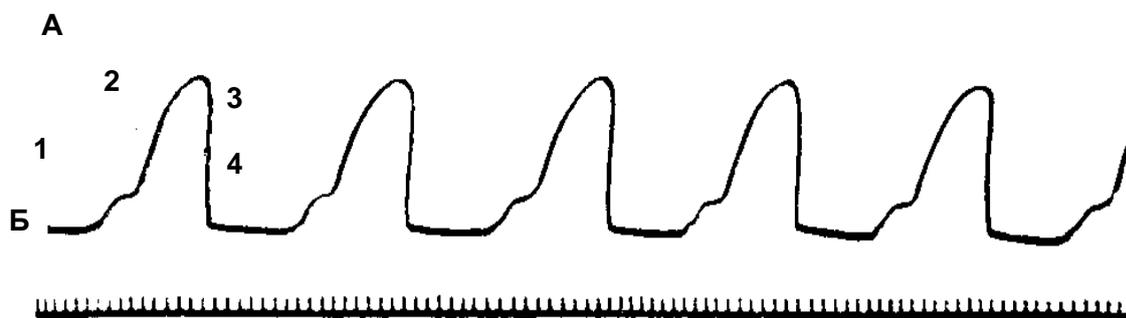


Рис. 5. Кардиограмма сердца лягушки:  
А – кардиограмма сердца лягушки; Б – отметка времени (деление соответствует 0,05 с);  
1 – систола предсердий; 2 – систола желудочка; 3 – период расслабления мускулатуры  
желудочка; 4 – общая диастола сердца

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте характер очередности, ритмику и амплитудные различия сокращений камер сердца. Объясните динамику работы сердца, зарегистрированной на кардиограмме.

## **Работа № 2. Наблюдение рефрактерного периода и получение экстрасистолы**

Любая возбудимая ткань во время генерации одиночного импульса возбуждения находится в состоянии полной невозбудимости – *абсолютной рефрактерности*, затем следует период восстановления возбудимости – *относительной рефрактерности*. Во время фазы абсолютной рефрактерности даже очень сильные раздражения не вызывают сокращений. В период восстановления возбудимости можно вызвать сокращение, прикладывая раздражения, по силе превышающие прежние (надпороговые раздражения). Вслед за восстановлением возбудимости до прежнего уровня следует период повышенной возбудимости – *экзальтации*, сменяющийся возвращением возбудимости к исходному уровню. В нервной ткани рефрактерный период длится тысячные доли секунды, в сердечной мышце – десятые доли секунды и совпадает с периодом систолы (рис. 6).

Поэтому раздражения, нанесенные на сердечную мышцу в период систолы, не вызывают дополнительных сокращений – абсолютная рефрактерность. Если же раздражение приходится на начало, середину и конец диастолы или на общую паузу, то вызывается дополнительное сокращение сердца – *экстрасистола*, за которой следует общая пауза, более продолжительная, чем обычная – *компенсаторная пауза*.

Компенсаторная пауза возникает в силу того, что выпадает одно очередное сокращение желудочка, так как импульс, приходящий от водителя ритма сердца, совпадает с рефрактерным периодом кардиомиоцитов желудочков, обусловленным экстрасистолой.

Таким образом, одна из особенностей сердечной мышцы состоит в более продолжительном абсолютном рефрактерном периоде, чем у скелетных мышц и нервной ткани. Биологический смысл рефрактерной фазы – обеспечение прерывистости в возникновении возбуждения, а длительность этой фазы делает невозможным слияние отдельных сокращений сердца в одно сплошное непрерывное сокращение. Сердце выполняет свою основную функцию «насоса» благодаря ритмическим сокращениям и расслаблениям.

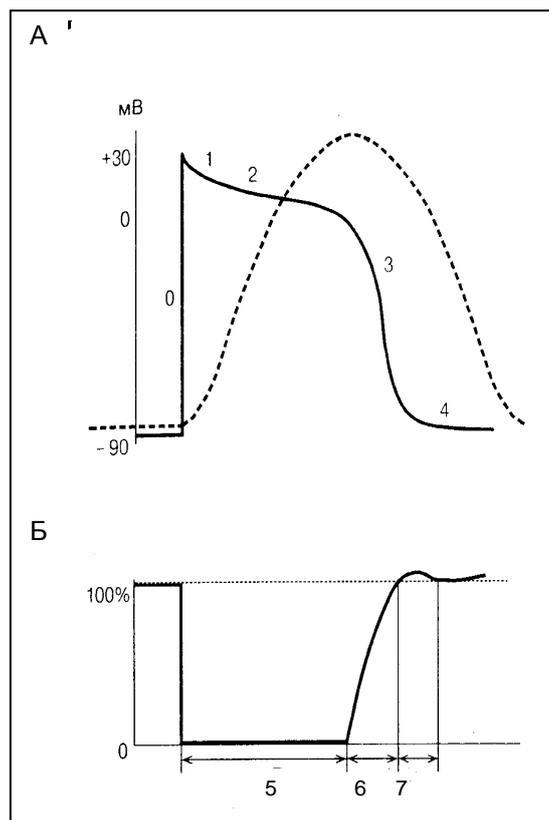


Рис. 6. Фазовые изменения возбудимости сердца (Барабанов С.В., 1998):  
 А – сплошная линия – потенциал действия кардиомиоцитов; пунктир – сокращение кардиомиоцитов; Б – возбудимость кардиомиоцитов;  
 0 – быстрая деполяризация, 1 – начальная быстрая реполяризация; 2 – медленная реполяризация; 3 – конечная быстрая реполяризация; 4 – покой; 5 – период абсолютной рефрактерности; 6 – период относительной рефрактерности; 7 – период экзальтации

**Ход работы:** 1. Пронаблюдайте по видеопрактикуму запись исходных сокращений сердца лягушки и при действии раздражающих факторов.

2. Определите величину тока, при которой на раздражение, нанесенное в момент диастолы, сердце отвечает сокращением (данная величина соответствует пороговой силе тока).

3. Пронаблюдайте за изменением кардиограммы при нанесении кратких раздражений в различные периоды деятельности сердца: в начале и середине систолы, в начале и середине диастолы, во время общей паузы.

4. Определите, в какие периоды сердечной деятельности появляется экстрасистола, как изменяется величина экстрасистолического сокращения сердечной мышцы и продолжительность компенсаторной паузы при нанесении раздражения в период расслабления и в период общей паузы сердца (рис. 7).

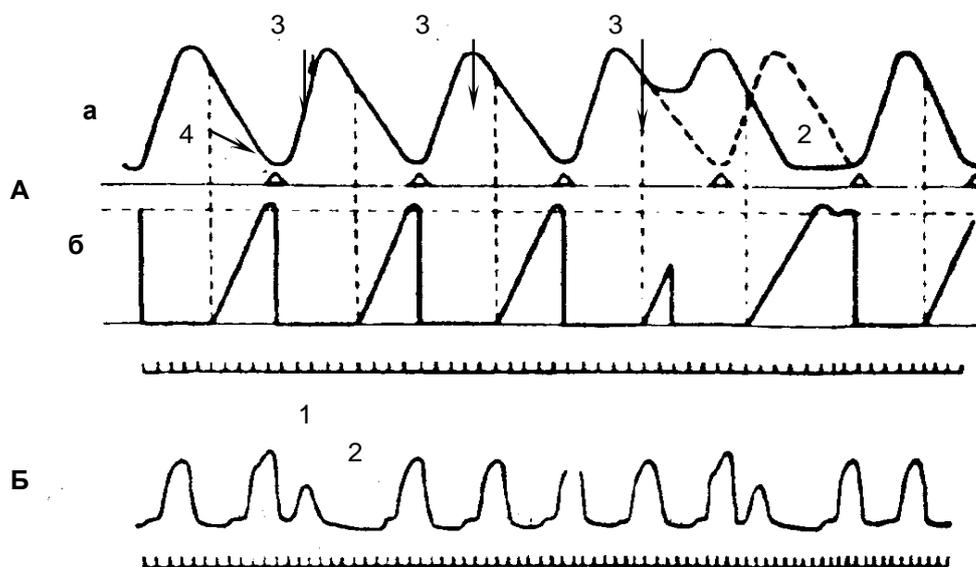


Рис. 7. Схема, поясняющая возникновение экстрасистолы и компенсаторной паузы (А) и запись сокращений сердца лягушки (Б) (Батуев А.С., 1998):  
 а – кривая сокращения сердца; б – кривая фазовых изменений возбудимости;  
 1 – экстрасистола, 2 – компенсаторная пауза, 3 – искусственные раздражения, наносимые в разные фазы деятельности сердца,  
 4 – импульсы, исходящие из синусного узла

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** зарисуйте полученные в опыте кардиограммы. Отметьте экстрасистолу и компенсаторную паузу.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сделайте заключение о возможности возникновения экстрасистолы при внеочередном экзогенном раздражении сердца. Объясните механизм формирования потенциала действия типичных кардиомиоцитов, его функциональные особенности, их значение. Отметьте возможность возникновения экстрасистолы в зависимости от фазы возбуждения миокарда.

### Работа № 3. Анализ проводящей системы сердца (опыт Г.Ф. Станниуса) (H.F. Stannius, 1803–1883)

Сердечная мышца обладает способностью сокращаться без внешних воздействий под влиянием импульсов, возникающих в ней. Это свойство называется *автоматией*. Благодаря этому свойству сердце, отделенное от тела, сохраняет способность сокращаться. Автоматия сердца обусловлена ритмическими возбуждениями, возникающими в атипической мышечной ткани сердца, называемой проводящей системой сердца.

Не все отделы сердца обладают одинаковой степенью автоматизма. У человека импульс возбуждения возникает в области синусного узла, который об-

ладает наивысшей степенью автоматизма. Этот узел, дающий начало проводящей системе сердца, называется водителем сердечного ритма, так как от него зависит частота сердцебиений.

Вторым по степени автоматизма является атриовентрикулярный узел, расположенный между предсердиями и желудочками. У млекопитающих от этого узла идет пучок Гиса, который, направляясь вниз, в межжелудочковой перегородке делится на ножки, заканчивающиеся в толще сердечной мышцы на специальных волокнах Пуркинье.

В проводящей системе сердца лягушки различают несколько отделов, обладающих разной степенью автоматизма: 1) узел Ремака, расположенный между венозным синусом и предсердиями, который обладает наибольшей степенью автоматии и является водителем ритма сердца; 2) узел Биддера, расположенный в межпредсердной перегородке на границе с желудочком, от которого идут в стенку желудочка волокна Пуркинье; 3) узлы Догеля, расположенные ниже предыдущего узла.

Автоматизм работы сердца можно изучать с помощью перевязок различных его отделов и наблюдения за их деятельностью. При этом блокируются импульсы возбуждения в элементах проводящей системы сердца, находящиеся под перевязкой. Другой способ изучения автоматизма сердца состоит в локальном согревании и охлаждении элементов проводящей систем сердца.

**Ход работы:** по видеопрактикуму пронаблюдайте опыты, проведенные Г.Ф. Станниусом:

*Первый опыт Г. Станниуса*

Убедитесь, что, на фоне постоянного ритма сердца, наложение лигатуры на границе синуса с предсердием вызывает остановку сердца в фазе диастолы, синус же продолжает сокращаться в прежнем ритме. Через некоторое время предсердия и желудочек могут вновь начать сокращаться, но в ином, более медленном ритме. Обратите внимание на одновременность сокращений предсердий и желудочков. Подсчитайте число сокращений за 1 мин.

*Второй опыт Г. Станниуса*

1. Наблюдайте, что, на фоне первой лигатуры, наложение второй между предсердиями и желудочком приводит к тому, что предсердия и желудочек начнут вновь сокращаться, причем сокращение желудочка не зависит от сокращений предсердий. Если перевязка сделана чуть ниже атриовентрикулярной перегородки, то возобновятся сокращения только предсердия, желудочек же будет бездействовать.

2. Подсчитайте число сокращений работающих отделов сердца.

*Третий опыт Г. Станниуса*

1. Наблюдайте как отделение верхушки сердца третьей перевязкой сопровождается отсутствием сокращений верхушки сердца.

2. Убедитесь, что способность верхушки сердца сокращаться сохранена, что подтверждается возникновением одиночных сокращений при нанесении механического раздражения иглой на отделенную часть желудочка.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

1. Нарисуйте схему наложения лигатур Г. Станниуса.

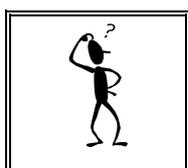
2. Наблюдаемые явления зафиксируйте в таблице 5.

Таблица 5

**Изменение частоты сокращений отделов сердца после наложения лигатур**

Отделы сердца	Изменение частоты сокращений		
	Венозного синуса	Предсердий	Желудочка
Лигатуры			
Первая			
Вторая			
Третья			

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отразите градиент автоматии сердца. Объясните механизмы спонтанной генерации потенциала действия в атипичном кардиомиоците. Покажите физиологическое значение очередности возбуждения отделов проводящей системы сердца.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

### *Контрольные вопросы*

1. Как изменяется градиент автоматии различных отделов проводящей системы сердца?

2. Какое влияние оказывают на автоматию сердца различные факторы – ионы  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ , температура?

3. Какова скорость распространения возбуждения в рабочей мускулатуре сердца и в различных отделах проводящей системы сердца?

4. Как изменяется возбудимость сердечной мышцы в процессе возбуждения?

5. Какое физиологическое значение имеет длительный рефрактерный период?

6. Каков механизм образования компенсаторной паузы?

7. Каковы механизмы мышечного сокращения сердца?

### **Контрольные задания**

1. Как обеспечивается постоянная разность концентраций ионов в клетке и за ее пределами? Опишите ионные механизмы возникновения потенциала покоя и потенциала действия.

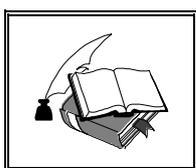
2. Скелетная мышца не подчиняется закону «все или ничего», а сердечная – подчиняется. Объясните эти различия. Не противоречит ли этому свойству сердечной мышцы явление «лестницы Бюидича»?

**2**

занятие

## **Внешние проявления деятельности сердца. Методы исследования сердца**

**Цель занятия:** изучить физиологические свойства сердечной мышцы, внешние проявления деятельности сердца и познакомиться с методами исследования сердечной деятельности.



### **САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ**

#### **Необходимый исходный уровень знаний**

##### **Из курса зоологии:**

1. Понятие «система кровообращения».
2. Строение сердца млекопитающих.

##### **Из курса цитологии:**

1. Структурно-функциональная характеристика биологических мембран.
2. Мембранные потенциалы и их ионные механизмы.

3. Особенности строения миофибриллы как структурно-функциональной единицы мышечного волокна.

4. Молекулярные механизмы мышечного сокращения.

***Из курса гистологии:***

1. Особенности структурной организации поперечно-полосатой сердечной мышечной ткани. Отличительные особенности поперечно-полосатой сердечной мышечной ткани от поперечно-полосатой скелетной мышечной ткани.

2. Развитие и регенерация поперечно-полосатой сердечной мышечной ткани.

***Из курса анатомии:***

1. Особенности строения сердца человека.

***По теме занятия:***

1. Общая характеристика системы кровообращения: понятие кровообращения, основные компоненты системы кровообращения; роль и место системы кровообращения в поддержании жизнедеятельности организма.

2. Сердечный цикл, его фазы. Работа клапанного аппарата в различные фазы сердечного цикла.

3. Возбудимость, проводимость и автоматия миокарда:

– строение и функции проводящей системы сердца; скорость проведения возбуждения в различных отделах проводящей системы сердца.

4. Сократимость и сокращение миокарда:

– сопряжение процессов возбуждения и сокращения;

– основные закономерности сокращения сердечной мышцы.

5. Методы исследования сердечного цикла: поликардиография, зондирование сердца, ультразвуковое исследование.

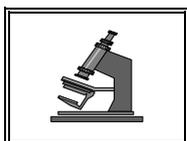
6. Систолический объем крови. Минутный объем крови. Методы определения минутного объема крови.

7. Звуковые проявления сердечной деятельности: тоны сердца. Методы исследования тонов сердца: аускультация, фонокардиография.

8. Электрокардиография как метод исследования процессов автоматии, возбуждения и его проведения в сердце: происхождение компонентов ЭКГ, анализ ЭКГ здорового человека.

### **Рекомендуемая дополнительная литература**

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ**

**Задание 1.** Объяснить понятия: сердечный цикл, систола, диастола, систолический объем крови (СОК), минутный объем крови (МОК), систолическое давление (СД), диастолическое давление (ДД), пульсовое давление (ПП), тоны сердца, аускультация, фонокардиография, артериальный пульс, венный пульс, баллистокардиография, эхокардиография, электрокардиография.

**Задание 2.** Выписать в тетрадь для практических работ и запомнить основные физиологические константы сердечно-сосудистой системы: частоту сердечных сокращений; продолжительность отдельных периодов и фаз работы сердца; давление крови в различных отделах сердца и в аорте в различные периоды сердечной деятельности, гемодинамические показатели (СОК, МОК).

**Задание 3.** Познакомиться с методами исследования нагнетательной функции сердца и количественно ее оценить (Работы № 1, 2).

**Задание 4.** Познакомиться с методами исследования процессов автоматии, возбуждения и его проведения в сердце (Работа № 3).

### **Оборудование, необходимое на занятии**

*Приборы и посуда:* секундомер, тонометр, фонендоскоп, пипетки, электрокардиограф, электроды.

*Реактивы и растворы:* 5–10%-ный раствор NaCl, спирт.

*Другие материалы:* вата, виртуальный практикум «Физиология кровообращения».

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### **Работа № 1. Исследование артериального пульса**

Традиционно пульс исследуют на лучевой артерии, но более достоверные данные получают с сонной артерии. Оценивают частоту, ритм, наполнение и скорость пульсовой волны при пальпации. В норме частота пульса должна соответствовать 60–80 уд./мин. Могут отмечаться *брадикардия* (<60 уд./мин) или *тахикардия* (>100 уд./мин), а также *нерегулярный пульс* при синусовой аритмии, фибрилляции предсердий или экстрасистолии. В таких случаях необходимо дополнительное электрокардиографическое обследование.

*Пульс слабого наполнения* означает сниженный сердечный выброс. *Пульс большого наполнения* бывает при лихорадке, повышенной секреции гормонов щитовидной железы, недостаточности аортальных клапанов и др. *Парадоксальный пульс* – это большее, чем в норме, снижение наполнения пульса при вдохе, которое возникает, как правило, при заболеваниях перикарда. *Перебегающий (альтернирующий) пульс*, то есть чередование больших и слабых пульсовых волн, имеет место при левожелудочковой недостаточности. Эти виды пульса

лучше всего определяются с помощью специальных методов, например, по сфигмограмме.

Важно одновременно регистрировать пульс билатерально на симметричных артериях (например, на правой и левой руках), а также обращать особое внимание на пульсацию артерий ног: снижение или отсутствие пульса может свидетельствовать о заболевании периферических сосудов.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** секундомер.

**Ход работы:**

1. Исследуйте пульс на лучевой артерии путем её пальпации указательным, средним и безымянным пальцами между шиловидным отростком лучевой кости и сухожилием внутренней лучевой мышцы. В норме получают ощущение мягкой, ровной, упругой, пульсирующей трубки.

2. Определите некоторые свойства пульса: частоту, ритм, наполнение, напряжение. Частоту пульса определяют подсчетом пульсовых ударов за 30 с или 1 мин; ритмичность пульса оценивают по паузам между пульсовыми волнами; наполнение пульса определяют по степени уменьшения объема артерии при сдавливании и увеличения ее объема при прекращении давления; напряжение пульса определяется силой, которую надо приложить, чтобы прекратить пульсацию.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** результаты наблюдений занесите в таблицу 6.

Таблица 6

**Свойства артериального пульса**

Параметры пульса	Частота, уд./мин	Ритм	Наполнение	Напряжение
Нормальные	60 – 80	Ритмичный	Хорошее	Среднее
Наблюдаемые				

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отразите соответствие полученных результатов нормальным характеристикам пульса, объясните зависимость параметров пульса от функционального состояния сердца и сосудистой системы (автоматия сердца, систолический объем, сосудистый тонус, объем циркулирующей крови).

## **Работа № 2. Измерение артериального давления. Определение систолического и минутного объемов крови расчетным методом**

При каждом сокращении сердца в артерии выбрасывается определенное количество крови, которое называют *систолическим или ударным объемом крови (СОК или УОК)*.

Сердце, выбрасывая кровь в аорту и легочную артерию во время систолы, создает в них давление, необходимое для продвижения крови по всему сосудистому руслу. Свободному передвижению крови по сосудам препятствует ряд факторов: сопротивление периферических сосудов, трение частиц крови о стенки сосудов.

Величина кровяного давления зависит главным образом от систолического объема крови и диаметра сосудов. В свою очередь систолический объем крови зависит от силы сокращений сердца: чем сильнее сокращение, тем больше объем выбрасываемой крови. Поэтому давление в артериях будет тем выше, чем сильнее сокращение сердца.

Кровяное давление неодинаково в разных участках сосудистого русла. Самая большая величина кровяного давления в аорте, несколько меньше – в крупных артериях. Кровяное давление по мере удаления сосудов от сердца постепенно снижается: его величина тем меньше, чем дальше сосуд от артериального отдела сердца и чем ближе он к венозному. В полых венах оно иногда становится даже ниже атмосферного.

Давление в артериях неодинаково в различных фазах сердечного цикла. Оно наибольшее во время систолы и называется *систолическим* или *максимальным* давлением. В состоянии покоя у взрослого человека систолическое давление в плечевой артерии в среднем составляет 120 мм рт. ст. Во время диастолы давление крови наименьшее, оно называется *диастолическим* или *минимальным* давлением. В среднем в плечевой артерии оно составляет 70 мм рт. ст.

Разница между систолическим и диастолическим давлением получила название *пульсового* давления. Оно является важным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

У человека можно определить величину систолического и диастолического давления методом Короткова при помощи ртутного или пружинного манометра. Зная величину систолического (СД), диастолического (ДД) и пульсового (ПД)

давления крови, ЧСС, можно по формуле рассчитать величину систолического (в мл) и минутного (в л) объемов крови у человека.

Широкое применение получила формула Старра:

$$CO = [(101 + 0,5 \times ПД) - (0,6 \times ДД)] - 0,6 \times A ,$$

где CO – систолический объем; ПД – пульсовое давление; ДД – диастолическое давление; А – возраст испытуемого.

Установлено, что расчетные величины CO, полученные с помощью этой формулы, хорошо совпадают с данными, полученными классическими методами.

Минутный объем крови рассчитывается по формуле:

$$МОК = CO \times ЧСС,$$

где МОК – минутный объем крови; CO – систолический объем; ЧСС – частота сердечных сокращений.

**Объект исследований:** человек.

**Оборудование:** тонометр, фонендоскоп, секундомер.

**Ход работы:** 1. Ознакомьтесь с устройством прибора, применяемого для измерения кровяного давления.

2. Обнажите левую руку испытуемого. Оберните манжету плотно вокруг середины плеча испытуемого так, чтобы ее нижний край находился на 2,5–3 см выше локтевого сгиба. Манометр не должен находиться в поле зрения испытуемого. Уровень ртути в нем (или положение стрелки пружинного манометра) должен соответствовать нулю.

3. В области локтевого сгиба на лучевой артерии установите фонендоскоп. Нагнетайте воздух в манжету до тех пор, пока манометр покажет 160–180 мм рт. ст. (до полного исчезновения пульса).

4. Медленно выпустите воздух из манжеты. Снижая давление в манжете, внимательно прослушивайте фонендоскопом пульс и при появлении первого звука зафиксируйте показания манометра. Это будет величина максимального (систолического) давления, т.е. в этот момент только во время систолы кровь проталкивается через сдавленный участок сосуда.

5. Продолжайте прослушивать пульсовые толчки. Они постепенно затухают.

6. В момент полного исчезновения звука снова зафиксируйте показания манометра. Эта величина соответствует минимальному (диастолическому) давлению. В это время давление в манжете равно диастолическому, и кровь бесшумно начинает протекать под манжетой не только во время систолы, но и во время диастолы.

7. Определите систолический и минутный объемы крови расчетными методами по формуле Старра.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** полученные данные занесите в таблицу 7.

Таблица 7

Показатели	В норме	У испытуемого
ЧСС, уд./мин	60–80	
Систолическое давление, мм рт.ст.	90–130	
Диастолическое давление, мм рт.ст.	60–85	
Пульсовое давление, мм рт.ст.		
Систолический объем, мл	70–80	
Минутный объем крови, л	4,24–5,3	

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные результаты с нормальными величинами. Объясните происхождение систолического и диастолического АД.

### Работа № 3. Электрокардиография

Запись электрической активности сердечной мышцы называется *электрокардиограммой*, а методика ее регистрации *ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЕЙ* (ЭКГ).

Биопотенциалы, возникающие в сердце, создают в окружающем его пространстве динамическое электрическое поле. Это непрерывно меняющееся электрическое поле может быть зафиксировано на поверхностных покровах тела. Тело – хороший проводник, поэтому сдвиги потенциалов работающего сердца могут быть обнаружены, если отводящие электроды прикладывают не только непосредственно к сердцу, но и к поверхности тела. Это делает возможным без сложных процедур и неприятных ощущений записать электрокардиограмму человека.

Существует три классических отведения ЭКГ (рис. 8):

- I отведение: регистрируется разность потенциалов между правой и левой рукой;
- II отведение: регистрируется разность потенциалов между правой рукой и левой ногой;
- III отведение: регистрируется разность потенциалов между левой рукой и левой ногой.

Электроды присоединяются к регистрирующему прибору – *электрокардиографу*, в котором слабые потенциалы сердца преобразуются в полифазную кривую, отражающую морфологическое и функциональное состояние сердечной мышцы.

В электрокардиограмме различают пять зубцов: P, Q, R, S, T и пять интервалов: P–Q, QRS, S–T, Q–T, R–R (рис. 9).

О состоянии сердца судят по амплитуде зубцов (она измеряется расстоянием от изоэлектрической линии до вершины зубца) и интервалов.

**Зубец P** отражает процесс охвата возбуждением предсердий: начальная часть зубца – правого, конечная – левого и является алгебраической суммой потенциалов действия, возникающих в предсердиях, причем потенциал правого предсердия положительный, а левого – отрицательный. Амплитуда зубца P колеблется от 0,5 до 2,5 мм. В III отведении он может быть отрицательным. Общая длительность составляет 0,06 – 0,1 с.

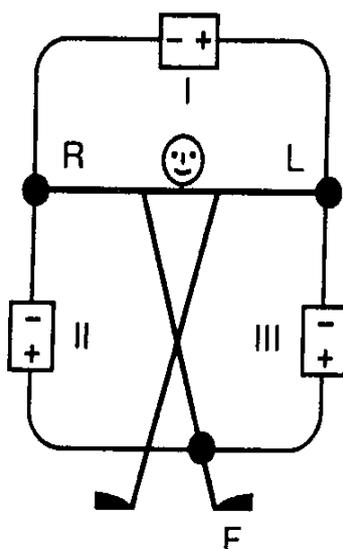


Рис. 8. Схема подключений электродов в стандартных двухполюсных отведениях ЭКГ от конечностей I, II, III (по Эйнтховену) (Баранов С.В., 1998):

R – правая рука; L – левая рука; F – левая нога;  
электрокардиограф с обозначением полярности



**Интервал P–Q** (от начала зубца P до начала комплекса QRS), длительностью 0,12–0,20 сек. За это время возбуждение распространяется к атриовентрикулярному узлу и проводящей системе желудочков. Длительность интервала P–Q зависит от частоты сердечных сокращений (ЧСС), чем она больше, тем короче интервал.

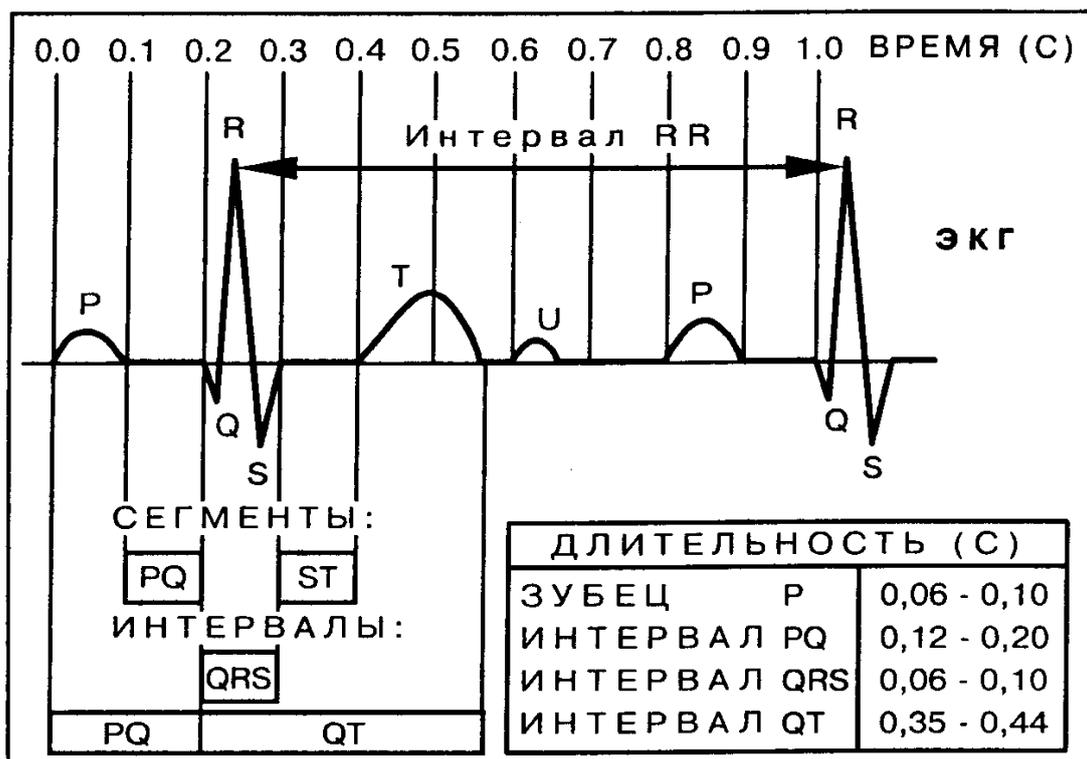


Рис. 9. Основные элементы нормальной ЭКГ и их длительность (с) при частоте сокращений сердца 75 уд./мин (Баранов С.В., 1998):  
Цифры сверху – отметка времени

**Интервал QRS** (от начала зубца Q до конца зубца S) – желудочковый комплекс, характеризует возбуждение (процесс деполяризации) желудочков, длительность которого составляет 0,06–0,1 с.

**Зубец Q** – первый зубец желудочкового комплекса, всегда обращен книзу. Это наиболее непостоянный зубец из всех зубцов ЭКГ, он может отсутствовать во всех отведениях. Его амплитуда в среднем равна 2 мм, а длительность не более 0,04 с.

**Зубец R** – самый высокий, направленный вверх, зубец желудочкового комплекса. Он отражает время распространения возбуждения по боковым стенкам и поверхности обоих желудочков и основанию левого желудочка. Его амплитуда колеблется от 3 до 10 мм.

**Зубец S** – третий зубец желудочкового комплекса. Его появление свидетельствует о том, что возбуждение охватило всю мускулатуру желудочков. Зубец S, так же как и Q – непостоянен и направлен вниз.

Весь процесс от начала возбуждения до полного охвата возбуждением желудочков определяется интервалом Q–R–S и длится в среднем от 0,04 до 0,09 сек.

**Сегмент S–T** (от конца зубца S до начала зубца T) характеризует исчезновение разности потенциалов на поверхности желудочков во время их полного охвата возбуждением, поэтому в норме данный сегмент расположен практически на изолинии, отклоняясь от нее в разные стороны не более чем на 0,5 мм. Длительность интервала S–T колеблется от 0 до 0,15 сек и зависит от всего желудочкового комплекса.

**Зубец T** – пятый и последний зубец ЭКГ, характеризует течение восстановительных процессов (процесс конечной быстрой реполяризации миокарда желудочков) в желудочках. Зубец T направлен вверх и ассиметричен – его восходящее колено пологое, а нисходящее – крутое. Амплитуда зубца T в среднем колеблется от 2,5 мм до 7 мм. Длительность зубца переменна и составляет около 0,20 с. В III отведении он может быть отрицательным.

**Интервал Q–T** (от начала зубца Q до конца зубца T) называется электрической систолой желудочков и соответствует времени, в течение которого желудочки находятся в электрически активном состоянии. Продолжительность электрической систолы изменяется в зависимости от частоты сердечных сокращений, а также зависит от пола и возраста.

Установлена математическая зависимость между частотой сокращений сердца и длительностью интервала Q–T. Это так называемая «должная» электрическая систола. Она выражается формулой Базетта:

$$Q - T_{\text{должн.}} = K \sqrt{R - R'}$$

где K – константа, равная для мужчин 0,37, для женщин – 0,39.

**Интервал R–R** отражает длительность сердечного цикла в секундах. При нормальном состоянии сердца расхождения между «фактической» и «должной» систолой составляют не более 15% в ту или другую сторону. Если эти величины укладываются в данную норму, то это говорит о нормальном распространении волны возбуждения по сердечной мышце.

Несмотря на то, что зубец R находится в середине ЭКГ, его используют для расчета длительности сердечного цикла, т.к. он является наиболее выраженным. Для определения длительности сердечного цикла измеряют расстоя-

ние между вершинами двух зубцов R – R и в зависимости от скорости протяжки ленты, на которой записывают ЭКГ, рассчитывают время между двумя зубцами.

Кроме длительности электрической систолы, распространение возбуждения по сердечной мышце характеризует так называемый систолический показатель (СП), представляющий отношение длительности электрической систолы желудочков к продолжительности всего сердечного цикла (в процентах):

$$\text{СП} = (Q - T) / (R - R) \times 100\%.$$

Отклонение его от нормы, которая определяется по той же формуле с использованием  $Q - T_{\text{должн.}}$ , не должно превышать 5% в обе стороны.

Таким образом, определение основных зубцов и интервалов электрокардиограммы даёт возможность судить о состоянии сердца.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** электрокардиограф, электроды, вата.

**Реактивы:** спирт, 5–10%-ный раствор NaCl.

**Ход работы:**

1. Ознакомьтесь с устройством электрокардиографа и принципами его работы.

2. Предложите человеку, у которого записываете ЭКГ, лечь на кушетку.

Протрите спиртом участки кожи, к которым прикрепляются электроды (с целью их обезжиривания для уменьшения сопротивления).

3. Закрепите электроды с помощью резинового бинта на обеих руках и обеих ногах. На корпусе прибора имеется схема тела человека, на котором разными цветами показано расположение электродов. Провода кабеля, соединяющего человека с электрокардиографом, имеют наконечники, окрашенные в соответствующие цвета. Электрод на правой ноге служит для заземления тела испытуемого, три других электрода необходимы для записи ЭКГ в трех основных (стандартных) отведениях. Под электроды положите марлю, смоченную 5–10%-ным раствором NaCl.

4. Проведите калибровку прибора, для чего запишите милливольт (мВ). В зависимости от усиления, которое в приборе достигается вращением ручки потенциометра, амплитуда колебаний писчика на бумаге будет различной. Постепенно увеличивая усиление, кратковременно нажимайте на кнопку калибратора прибора; записывайте амплитуду колебаний писчика до тех пор, пока она не будет равна 10 мм. (Это международный стандарт усиления: 1 мВ = 10 мм).

5. Установив усиление, запишите ЭКГ последовательно в трех стандартных отведениях. В каждом отведении зарегистрируйте 12–15 сердечных циклов.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

1. Полученные электрокардиограммы вклейте в протокол работы.
2. Отметьте каждое отведение общепринятыми обозначениями (I, II, III).
3. Отметьте зубцы и интервалы ЭКГ соответствующими буквами.
4. Проведите полную расшифровку ЭКГ:

- определите частоту сердечных сокращений (ЧСС) по данным интервала R–R (помните, что при установке рычага скорости лентопротяжного механизма на отметку шкалы 25 мм/с каждый миллиметр электрокардиографической бумаги будет соответствовать 0,04 с, 50 мм/с – 0,02 с).

Например: расстояние между зубцами равно 40 мм.

А) Если скорость движения ленты 50 мм/с, то время прохождения 1 мм будет равно 0,02 с. Следовательно, время между двумя зубцами R – R =  $40 \times 0,02 \text{ с} = 0,8 \text{ с}$ .

Б) Отсюда можно рассчитать и ЧСС. Если длительность одного сокращения сердца 0,8 с, то в течение 60 с оно сделает 75 сокращений ( $60 / 0,8 = 75$ );

- рассчитайте величину основных зубцов ЭКГ, сравните их с принятыми стандартными величинами;
- рассчитайте длительность интервалов ЭКГ и проведите их анализ;
- рассчитайте должную систолу и сравните ее с величиной фактической систолы;
- определите величину систолического показателя.

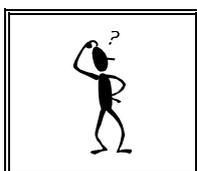
Полученные результаты занесите в таблицу 8.

Таблица 8

**Основные показатели состояния сердца испытуемого**

Отведения	Амплитуда зубцов, мм			Длительность интервалов, с				Q–T должн.	Q–T факт.	СП должн., %	СП факт., %	ЧСС, уд./мин
	P	R	T	P–Q	QRS	Q–T	R–R					
I												
II												
III												

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отразите соответствие норме вольтаж зубцов, длительность интервалов и сегментов исследуемой ЭКГ. Объясните происхождение зубцов, сегментов и интервалов ЭКГ.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

### *Контрольные вопросы*

1. О каких свойствах сердечной мышцы можно судить по ЭКГ и по каким показателям?
2. Каков механизм генеза отдельных зубцов и интервалов ЭКГ?
3. Каков механизм образования первого и второго тонов сердца?

### *Контрольные задания*

1. Дайте определение артериального пульса, опишите механизм образования пульсовой волны.
2. Укажите показатели ЧСС в норме и в зависимости от воздействия факторов внешней среды.
3. Дайте понятия систолического и минутного объема кровотока, укажите их показатели, зависимость от факторов внешней и внутренней среды.

### *Контрольные задачи*

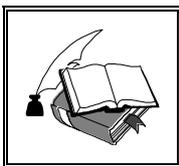
1. В организме испытуемого кровь совершает кругооборот за 30 сек. ЧСС соответствует 100 уд/мин; МОК – 7 литрам. Вычислите систолический объем крови и приблизительное количество циркулирующей крови.
2. Чему равна ЧСС испытуемого, если среднее расстояние между зубцами R-R в соседних комплексах ЭКГ равно 0,75 с?

**3**

занятие

## Регуляция деятельности сердца и сосудов

**Цель занятия:** изучить основные механизмы регуляции деятельности сердца и сосудов (системной гемодинамики).



## САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

---

### ***Необходимый исходный уровень знаний***

1. Общая характеристика регуляции деятельности сердца. Виды регуляторных влияний на сердце: хронотропные, инотропные, батмотропные, дромотропные.
2. Саморегуляция сердечной деятельности:
  - гетерометрическая регуляция;
  - гомеометрическая регуляция;
  - эффект «лестницы Боудича»;
  - интракардиальные рефлексy.
3. Нервная регуляция деятельности сердца:
  - влияние блуждающих нервов на деятельность сердца;
  - влияние симпатических нервов на деятельность сердца;
  - рефлекторная регуляция деятельности сердца (экстракардиальные, истинные рефлексy). Характеристика рефлекторных дуг.
4. Гуморальная регуляция деятельности сердца:
  - влияние гормонов (катехоламинов, тироксина, глюкокортикоидов, глюкагона);
  - влияние электролитов.
5. Сосудистый тонус и его регуляция.
6. Регуляция системной гемодинамики:
  - регуляция минутного объема крови;
  - регуляция периферического сопротивления сосудов;
  - регуляция объема циркулирующей крови;
  - регуляция системного артериального давления.
7. Регуляция региональной гемодинамики.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: регуляция, нервная регуляция, гуморальная регуляция, саморегуляция, рефлекс, хронотропный эффект, инотропный эффект, батмотропный эффект, дромотропный эффект, гетерометрическая регуляция, гомеометрическая регуляция, «лестница Боудича», сердечно-сосудистый центр, гипертония, гипотония, объемная скорость кровотока, линейная скорость кровотока, сосудодвигательный центр, системная гемодинамика, региональная гемодинамика.

**Задание 2.** Изучить влияние блуждающего и симпатических нервов на деятельность сердца.

**Задание 3.** Изучить рефлекторные влияния на деятельность сердца (Работа № 1).

**Задание 4.** Доказать экспериментальным путем нервно-гуморальный механизм регуляции кровяного давления (Работа № 4).

### **Оборудование, необходимое на занятии**

*Приборы и посуда:* электрокардиограф, секундомер.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### **Нервная регуляция деятельности сердца**

Влияние физиологических процессов на работу сердца при изменениях внешней и внутренней среды называется *регуляцией сердечной деятельности*. Одновременно с изменением работы сердца происходят соответствующие сдвиги и в состоянии сосудов. В основе регуляции сердечно-сосудистой системы лежит сложнорефлекторный процесс, в котором существенную роль играют не только нервные, но и гуморальные механизмы (рис. 10).

Рефлекторные влияния на сердце осуществляются системой центробежных волокон, передающих сердцу из нервных центров импульсы, возникающие при раздражении каких-либо рецепторов. Нервно-эффекторная регуляция выполняется волокнами блуждающих и симпатических нервов, которые оканчиваются в сердечной мышце.

Под влиянием импульсов, поступающих по этим нервам, изменяются частота и сила сердечных сокращений, скорость проведения возбуждения по сердцу, порог возбуждения и тонус сердечной мышцы. Причем раздражение блуждающих и симпатических нервов оказывает на сердце противоположное влияние: раздражение блуждающего нерва тормозит, а симпатического усиливает работу сердца. И.П. Павлов установил, что в составе блуждающего нерва есть волокна, раздражение которых только ослабляет (отрицательное инотропное влияние) или только замедляет (отрицательное хронотропное влияние) деятельность сердца, а в составе симпатического нерва есть волокна, только ускоряющие (положительное хронотропное влияние) или только усиливающие (положительное инотропное влияние) деятельность сердца.

Установлено, что тормозящее влияние блуждающего нерва на сердце связано с выделением медиатора ацетилхолина, способствующего гиперполяризации мембраны вследствие повышения ее проницаемости к ионам калия.

При раздражении симпатического нерва выделяется медиатор норадреналин, который вызывает деполяризацию постсинаптической мембраны вследствие увеличения ее проницаемости к ионам натрия.

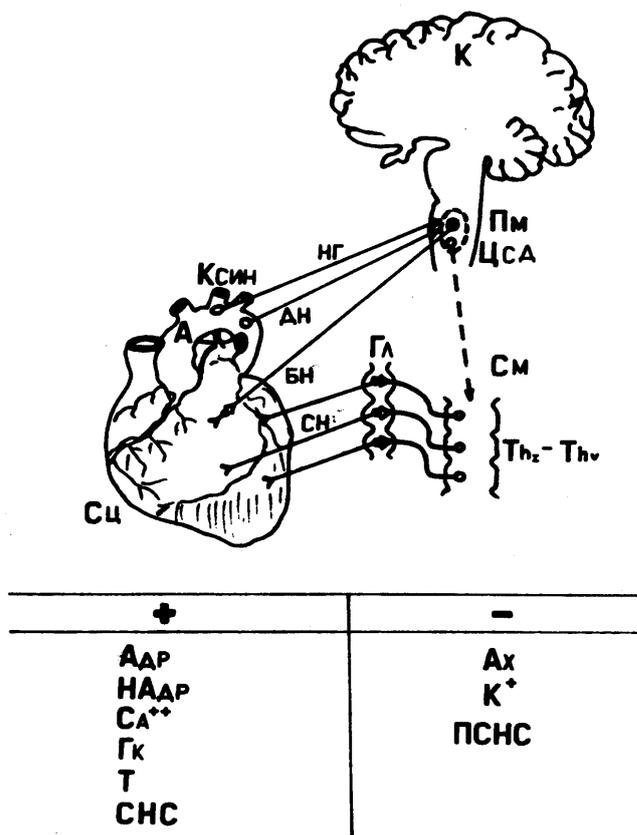


Рис. 10. Схема регуляции сердечной деятельности (Айзман Р.И., 1988)

А – аорта; Адр – адреналин; Ах – ацетилхолин; Бн – блуждающий нерв; Гк – глюкокортикоиды; Гл – симпатический ганглий; Дн – депрессорный нерв; К – кора; Ксин – каротидный синус; Надр – норадреналин; НГ – нерв Геринга; Пм – продолговатый мозг; ПСНС – парасимпатическая нервная система; См – спинной мозг; СНС – симпатическая нервная система; Сц – сердце; Т – тироксин; Цсд – центр сердечной деятельности

Влияния блуждающих и симпатических нервов составляют две стороны единой регуляции сердечной деятельности. У лягушек блуждающие и симпатические нервы проходят в одном нервном стволе, поэтому у этих животных изучают влияние раздражения смешанного вагосимпатического ствола на деятельность сердца. Для того чтобы провести анализ эффекта совместного раздражения блуждающего и симпатического нервов, нужно знать их свойства:

1. Блуждающий нерв обладает более коротким латентным периодом, а поэтому его эффект проявляется первым, тотчас же после раздражения. Этот

эффект выражается в урежении частоты или уменьшении силы сокращения сердца при средних силах раздражения и в остановке сердца при сильном раздражении.

2. Симпатический нерв обладает длительным латентным периодом и весьма значительным последствием. Эффект этого нерва проявляется позднее и сохраняется в течение некоторого времени и после прекращения раздражения. При средних силах раздражения симпатический эффект выражается в небольшом увеличении частоты и силы сокращений сердца, при сильном раздражении – в значительном их увеличении.

### **Работа № 1. Рефлекторная регуляция деятельности сердца человека**

Самые разнообразные внешние и внутренние раздражения вызывают сдвиги в работе сердца. Влияние раздражения экстеро- или интероцепторов на деятельность сердца осуществляется по принципу рефлекса. При этом рефлекторная дуга состоит из рецепторов, центростремительных (чувствительных) нервов, ядерных образований в спинном и продолговатом мозгу и центробежных (эфферентных) нервов, о которых уже говорилось выше. Помимо безусловных сигналов на деятельность сердца оказывают действие различные условные сигналы.

Рефлекторные влияния на сердце с внутренних органов можно изучать на примере рефлекса Данини–Ашнера, который заключается в изменении работы сердца под влиянием раздражения с глазных яблок. В результате такого воздействия увеличивается тонус блуждающего нерва и сердце замедляет свою работу. У человека подобное явление может наблюдаться и при сильном ударе в область подвздошной впадины (нокаут в боксе), когда от сильного раздражения нервных образований солнечного сплетения происходит рефлекторная остановка сердца (рефлекс Гольца), и при раздражении каротидного синуса.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** электрокардиограф, электроды, секундомер, вата, марля.

**Реактивы:** спирт, 5–10%-ный раствор NaCl.

**Ход работы:**

1. *Изменение деятельности сердца при осуществлении рефлекса Данини–Ашнера.* Предварительно вымыв руки, запишите ЭКГ у испытуемого, находящегося в положении лежа, во II стандартном отведении. Предложите испыту-

емому закрыть глаза. Затем надавите двумя пальцами (указательным и средним) одновременно на оба нижних века в течение 8–10 с. Снова запишите ЭКГ.

2. *Изменение сердечной деятельности под влиянием раздражения каротидного синуса.* У испытуемого, находящегося в положении лежа, нащупайте пульсацию общей сонной артерии на уровне нижней границы щитовидного хряща, на правой стороне шеи. Это удобнее сделать, если испытуемый повернет голову в левую сторону. Надавите на каротидный синус в течение 30–40 с (лучше, если это делает сам испытуемый). Во время надавливания на каротидный синус (за 10 сек. до его окончания) запишите ЭКГ во II стандартном отведении.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

1. Полученные электрокардиограммы вклейте в протокол работы.
2. Отметьте зубцы и интервалы ЭКГ соответствующими буквами.
3. Проведите полную расшифровку ЭКГ:
  - определите частоту сердечных сокращений (ЧСС) по данным интервала R–R;
  - рассчитайте величину основных зубцов ЭКГ, сравните их с принятыми стандартными величинами;
  - рассчитайте должную систолу и сравните ее с величиной фактической систолы;
  - определите величину систолического показателя.
4. Полученные результаты занесите в таблицу 9.

Таблица 9

**Основные показатели состояния сердца испытуемого при различных рефлекторных воздействиях**

Рефлекс	Амплитуда зубцов, мм			Длительность интервалов, с				Q – T должн.	Q – T факт.	СП должн., %	СП факт., %	ЧСС, уд./мин
	P	R	T	P–Q	QRS	Q–T	R–R					
Ашнера												
С каротидного синуса												

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите причины изменения ЧСС при данных рефлекторных влияниях. Нарисуйте схемы рефлекторных дуг наблюдаемых рефлексов.

### ***Контрольные задачи***

1. У взрослого человека, живущего в средней полосе России, ЧСС составляла 70 уд./мин. После приезда на туристическую базу у подножья Эльбруса (высота над уровнем моря 4081 м) сердечный ритм возрос до 92 ударов в 1 мин. Через 2 недели пребывания на базе ЧСС человека возвратилась к исходному уровню. Как вы объясните механизм этих изменений?

2. После обильного питья жидкость всасывается в кровь; к 5 л циркулирующей крови прибавляется еще 1 л жидкости, но повышения кровяного давления обычно не бывает. Не противоречит ли это законам физики? Какова сущность этого физиологического явления?

3. Дайте физиологическое обоснование пословице: «Что ни болит, все к сердцу валит».

4. У больного приступ тахикардии. Под рукой нет необходимых лекарств. Как можно попытаться снять приступ?

5. При раздражении смешанного вагосимпатического ствола у лягушки вначале наблюдается вагусный эффект, а потом симпатическое последствие. В чем проявляются эти явления? Объясните их механизмы.

## ГЛАВА 4. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Для всех процессов жизнедеятельности организма нужна энергия, поэтому основная масса веществ, получаемых в результате автотрофного или гетеротрофного питания, используется в качестве источника энергии. Она высвобождается в результате расщепления ряда высокоэнергетических соединений при дыхании.

Сущность *дыхания* состоит в доставке к тканям кислорода, обеспечивающего протекание окислительных реакций, что приводит к освобождению энергии. Сложные органические соединения (энергетические материалы) расщепляются с помощью ряда ферментативных систем на более простые и окисляются, образуя, как правило, углекислый газ и воду. Процесс потребления клетками кислорода и осуществления окислительных реакций с выделением углекислого газа называется **внутренним**, или **тканевым дыханием**.

Тканевое дыхание протекает непрерывно и требует постоянного притока к тканям кислорода и выведения накапливающейся углекислоты. У одноклеточных организмов обмен газов осуществляется путем диффузии одного газа ( $O_2$ ) из окружающей среды в клетку и другого ( $CO_2$ ) из клетки в окружающую среду. У многоклеточных газообмен протекает между клетками и внутренней средой. Обновление газового состава внутренней среды у большинства многоклеточных животных происходит вследствие циркуляции крови, которая переносит кислород в одном направлении (к тканям), а углекислый газ в другом направлении (от тканей). Транспортная функция осуществляется кровью благодаря физическому растворению в ней  $CO_2$  и  $O_2$  и дальнейшему связыванию их различными компонентами крови. Так, гемоглобин способен вступать в обратимую реакцию с кислородом, а связывание  $CO_2$  происходит в результате образования в плазме крови обратимых бикарбонатных соединений.

Кровь обогащается кислородом и освобождается от углекислого газа в легких. Процесс, протекающий в легких и заключающийся в обмене газов между кровью и окружающей средой (воздухом, поступающим в альвеолы легких), называется **внешним**, или **легочным дыханием**.

В результате газообмена в легких кровь насыщается кислородом, теряет углекислоту и превращается из венозной в артериальную, т.е. вновь становится способной переносить кислород к тканям.

Дыхание человека постоянно приспособливается к изменениям условий внешней и внутренней среды, что обеспечивается процессами внешней и внутренней регуляции.

Предлагаемые работы позволяют ознакомиться с некоторыми особенностями внешнего дыхания и его регуляции.

**1**

**Внешнее дыхание и его регуляция**

**занятие**

**Цель занятия:** изучить условия и механизм вентиляции легких; механизмы рефлексорной саморегуляции дыхания.



**САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ**

***Необходимый исходный уровень знаний***

***Из курса физики:***

1. Газовые законы Бойля – Мариотта, Паскаля.

***Из курса биохимии:***

1. Тканевое дыхание.

***Из курса зоологии:***

1. Понятие «дыхательная система».
2. Строение органов дыхательной системы млекопитающих.

***Из курса цитологии:***

1. Структурно-функциональная характеристика биологических мембран.
2. Основные закономерности транспорта газообразных веществ через биологические мембраны.

***Из курса гистологии:***

1. Особенности структурной организации различных типов эпителиев.

***Из курса анатомии:***

1. Общая характеристика воздухоносных путей и легких.
2. Особенности строения грудной клетки, дыхательных путей и легких человека.
3. Группы мышц, обеспечивающих движение грудной клетки.

### ***Из курса физиологии:***

1. Транспорт газов кровью.
2. Рефлекторная регуляция деятельности сердца и сосудов.

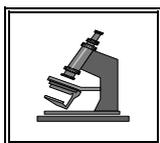
### ***По теме занятия:***

1. Общая характеристика системы дыхания: понятие «дыхание», основные структуры системы дыхания; значение для организма; основные этапы дыхания.
2. Внешнее дыхание. Условия и механизмы вдоха и выдоха.
3. Легочные объемы. Методы исследования внешнего дыхания.
4. Газообмен в легких. Газовый состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха.
5. Транспорт газов кровью. Газообмен между кровью и тканями.
6. Общая характеристика тканевого дыхания.
7. Регуляция дыхания:
  - основные регулируемые показатели;
  - локализация, строение и особенности функционирования дыхательного центра;
  - рефлекторная регуляция дыхания: влияние с хеморецепторов на дыхательный центр, влияние с механорецепторов на дыхательный центр;
  - влияние на дыхательный центр высших отделов ЦНС (гипоталамуса, лимбической системы, коры больших полушарий).
8. Особенности дыхания в различных условиях обитания и при различном функциональном состоянии.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельянич. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: дыхание, внешнее дыхание, тканевое дыхание, спирография, спирометрия, вентиляция легких, глубина дыхания, минутный объем дыхания, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха, дыхательный объем, жизненная емкость легких, остаточная емкость легких, общая емкость легких, физиологически мертвое пространство, газообмен в легких, газообмен в тканях, диффузия, аэробное окисление, анаэробное окисление, регуляция дыхания, саморегуляция, нервная регуляция, гуморальная регуляция, гипоксия, гипероксия, ацидоз, алкалоз, гиперкапния, гипокапния, дыхательный центр, пневмотоксический центр, апнейстический центр, хеморецепторы, механорецепторы.

**Задание 2.** Выписать и запомнить основные физиологические константы системы дыхания: частота дыхания, МОД,  $PO_{вд.}$ ,  $PO_{выд.}$ , ДО, ЖЕЛ, остаточная емкость легких, альвеолярная вентиляция, максимальная вентиляция легких, средние величины парциальных давлений и процентного содержания газов в воздухе и в различных средах организма.

**Задание 3.** Доказать наличие углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе (Работа № 1).

**Задание 4.** Изучить условия и механизм вентиляции легких (Работа № 2).

**Задание 5.** Измерить показатели внешнего дыхания и оценить состояние аппарата вентиляции легких (Работы № 3, 4).

**Задание 6.** Изучить особенности гуморальной и нервной регуляции дыхания (Работа № 5).

### **Оборудование, необходимое на занятиях**

*Приборы:* клапаны Ф. Мюллера, спирометр сухой, весы, ростомер, секундомер.

*Реактивы:* спирт, баритовая вода.

*Другие материалы:* вата, марля.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### **Работа № 1. Обнаружение разницы в содержании углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе**

Углекислый газ можно обнаружить, пользуясь баритовой или известковой водой, образующей с ним нерастворимую соль. Относительное содержание  $\text{CO}_2$  во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе можно легко пронаблюдать, используя дыхательные клапаны Ф. Мюллера (F. Miller, 1858–1941) или обычные пробирки, если их соединить с помощью трубок.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** клапаны Ф. Мюллера, вата.

**Реактивы:** баритовая вода, спирт.

**Ход работы:**

1. Ознакомьтесь с устройством клапанов Ф. Мюллера (рис. 11).

В две склянки **А** и **Б**, каждая из которых снабжена пробкой с двумя отверстиями, пропущено по две трубки. Две из них (**а** и **а<sub>1</sub>**) – длинные – доходят почти до дна склянки, две другие (**б** и **б<sub>1</sub>**) – короткие – не касаются раствора.

Обе склянки соединены резиновыми трубками с мундштуком **В** через тройник. В склянке **А** через баритовую воду пройдет вдыхаемый воздух вследствие уменьшения его давления при вдохе. А при выдохе выдыхаемый воздух пройдет через баритовую воду в склянке **Б** в результате повышения давления.

Таким образом ток воздуха пропускается клапанами в разных направлениях. В склянке **А** баритовая вода мутнеет от углекислого газа, содержащегося в атмосферном воздухе, а в склянке **Б** – в выдыхаемом.

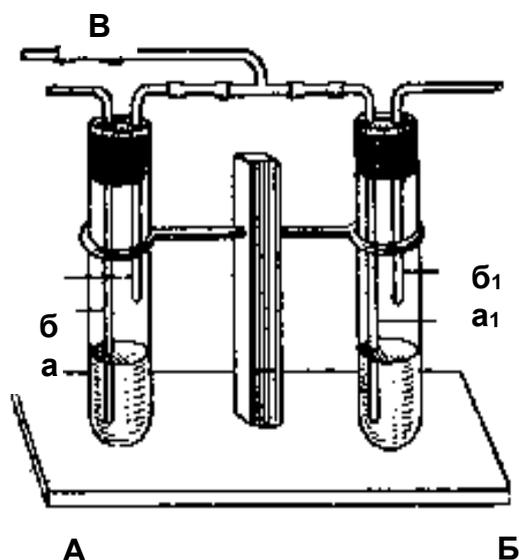


Рис. 11. Клапаны Ф. Мюллера (Гуминский А.А., 1990)

2. Прежде чем приступить к работе, продезинфицируйте ваткой, смоченной спиртом, мундштук клапанов Ф. Мюллера.

3. Налейте в обе склянки баритовую воду так, чтобы в ней оказались концы длинных трубок.

4. Дышите через мундштук.

5. Сравните степень помутнения баритовой воды в обеих склянках.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** объясните наблюдаемые явления.

## **Работа № 2. Спирометрия. Определение жизненной емкости легких и составляющих ее объемов**

Количество воздуха, проходящего через легкие при вдохе и выдохе, зависит от объема грудной клетки, подвижности диафрагмы, ребер, состояния дыхательных мышц и самой легочной ткани – ее эластичности, степени кровенаполнения и т.д. При спокойном вдохе не все легкое растягивается в равной степени, в большей – его нижние две трети. Это значит, что не все альвеолы в равной

мере участвуют в дыхании. При выдохе альвеолы полностью не сужаются, а при вдохе легко расширяются. Это обеспечивается вырабатываемым клетками альвеолярного эпителия поверхностно-активным веществом, значительно снижающим поверхностное натяжение альвеол. Следовательно, при обычном вдохе в легкие попадает меньше воздуха, чем может войти в них при максимальном вдохе. Объем вдоха и выдоха при спокойном дыхании составляет 450–500 мл и называется *дыхательным объемом*. Однако при вдохе из 450 мл вдыхаемого атмосферного воздуха в легкие попадает лишь около 300 мл. Около 150 мл остается в воздухоносных путях и в газообмене не участвует, этот воздух по своему составу не отличается от атмосферного, его называют поэтому *воздухом «мертвого» или «вредного» пространства*. Вместе с тем при максимальном вдохе сверх дыхательного воздуха в легкие может войти еще 1500–1800 мл воздуха – *резервный объем вдоха*. При спокойном дыхании после обычного выдоха в легких остается еще большое количество воздуха. Объем воздуха, который выдыхается только при максимальном выдохе, называется *резервным объемом выдоха*.

Однако и после максимального выдоха в легких еще содержится объем воздуха в количестве 1000–1500 мл, который всегда их заполняет и называется *остаточным объемом* (рис. 12).

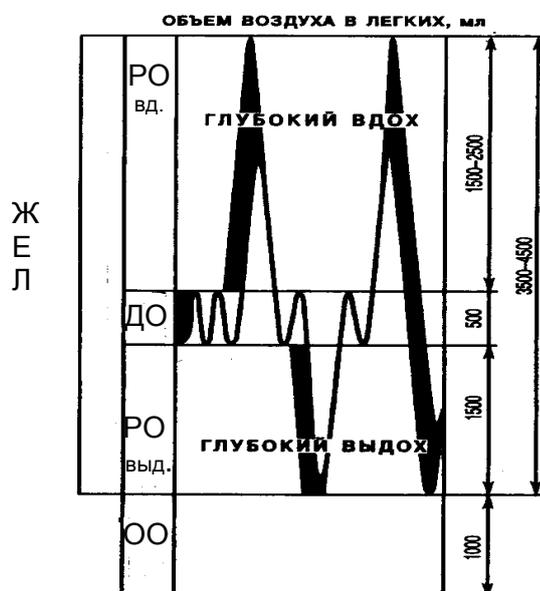


Рис. 12. Схематическое изображение объемов легких (Андрианов В.В., 1999):  
 ЖЕЛ – жизненная емкость легких; РО<sub>вд.</sub> – резервный объем вдоха;  
 РО<sub>выд.</sub> – резервный объем выдоха; ДО – дыхательный объем;  
 ОО – остаточный объем

Таким образом, общий объем воздуха, выдыхаемого при максимальном выдохе после максимального вдоха, складывается из *дыхательного и резервных объемов вдоха и выдоха*. Называется этот суммарный объем воздуха *жизненной емкостью легких*, которая в норме определяется величиной, равной 3,5–4 л.

После максимального выдоха в легких остается *остаточный объем воздуха*. Но при спокойном дыхании в легких остается значительно больше воздуха, чем ОО. То количество воздуха, которое остается в легких после спокойного выдоха, называется *функциональной остаточной емкостью* (ФОЕ). Она состоит из ОО воздуха и  $PO_{\text{выд}}$ .

То наибольшее количество воздуха, которое полностью заполняет легкие, называется *общей емкостью легких* (ОЕЛ). Она включает ЖЕЛ и ОО воздуха.

Жизненную емкость легких и составляющие ее объемы можно определить с помощью *спирометра*.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** спирометр, зажим для носа, вата.

**Реактивы:** спирт.

**Ход работы:**

1. Ознакомьтесь с устройством спирометра. *Водяной спирометр* представляет собой заполненный водой цилиндр. В воду погружен второй цилиндр несколько меньшего диаметра, закрытый сверху. Вес этого цилиндра уравновешивается гирями, перекинутыми через два блока, которые укреплены на стойках спирометра. Сквозь дно наружного цилиндра проходит вертикальная трубка, верхний конец которой выступает над уровнем жидкости во втором цилиндре. Нижний конец трубки загнут под прямым углом и соединен с резиновой трубкой и мундштуком. Если в мундштук вдвигается воздух, внутренний цилиндр всплывает, почти не оказывая сопротивления выдыхаемому воздуху. С помощью указателя, прикрепленного к подвижному цилиндру, определяют по шкале объем выдыхаемого воздуха.

Для того чтобы удалить воздух из спирометра, необходимо открыть пробку, закрывающую отверстие на верху подвижного цилиндра, опустить цилиндр рукой и снова закрыть пробку.

Кроме описанного выше спирометра, для измерения легочных объемов можно пользоваться сухим спирометром. Он представляет собой воздушную турбинку, вращаемую струей выдыхаемого воздуха. Вращение турбинки через кинематическую цепь передается стрелке прибора. Для остановки стрелки по окончании выдоха спирометр снабжен тормозным устройством. Величину измеряемого объема воздуха определяют по шкале прибора. Шкалу можно поворачи-

чивать, что позволяет устанавливать стрелку на нуль перед каждым измерением. Выдох воздуха из легких производят через мундштук.

2. Перед началом работы мундштук протрите ватой, смоченной спиртом, и поставьте спирометр в нулевое положение.

3. *Определение ДО воздуха.* Предложите испытуемому сделать несколько вдохов и выдохов, затем взять мундштук в рот и продолжать спокойно выдыхать в спирометр. Подсчитайте количество выдохов и запишите показания спирометра. Полученный результат разделите на количество дыхательных движений.

4. *Определение  $PO_{\text{выд}}$ .* Предложите испытуемому после спокойного выдоха через нос сделать максимально глубокий выдох через рот в спирометр. Повторите определение 2–3 раза, каждый раз устанавливая спирометр на нуль.

5. *Определение ЖЕЛ.* Нос испытуемого зажмите клеммой или пальцами. Предложите испытуемому сделать, насколько возможно, очень глубокий вдох, взять в рот мундштук спирометра и сделать максимальный выдох. Объем воздуха, выдыхаемого в таких условиях, соответствует жизненной емкости легких.

6. *Определение  $PO_{\text{вдоха}}$ .* Величину  $PO_{\text{вдоха}}$  рассчитайте по формуле:

$$PO_{\text{вдоха}} = \text{ЖЕЛ} - (PO_{\text{выдоха}} + ДО).$$

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

1. Результаты опытов отразите в таблице 10:

Таблица 10

**ЖЕЛ и объемы, ее составляющие**

Показатели	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	Средняя величина
$PO_{\text{вдоха}}$ , мл				
ДО, мл				
$PO_{\text{выдоха}}$ , мл				
ЖЕЛ, мл				

2. Сравните величину ЖЕЛ, измеренную спирометром, с ЖЕЛ должной (ДЖЕЛ).

*Должная жизненная емкость легких (ДЖЕЛ)* – расчетная величина, учитывающая возрастные, половые и морфологические особенности человека. ДЖЕЛ можно вычислить по формулам:

для мужчин:

$$\text{ДЖЕЛ} = (27,63 - (0,112 \times \text{возраст})) \times \text{рост (см)};$$

для женщин:

$$\text{ДЖЕЛ} = (21,78 - (0,101 \times \text{возраст})) \times \text{рост (см)}.$$

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отразите соответствие полученных данных должным величинам (отклонение от ДЖЕЛ до 15% считается нормой).

### **Работа № 3. Оценка параметров внешнего дыхания с использованием спирографа «Спиро-Спектр»**

Спирограф предназначен для измерения и регистрации показателей внешнего дыхания при проведении функциональных тестов спокойного и форсированного выдоха. Спирограф измеряет и вычисляет 15 параметров функций внешнего дыхания; определяет отношение измеренных величин к должным; дает предварительное заключение и градацию отклонения от нормы; позволяет распечатать на принтере графики «скорость потока – время» и «скорость потока – объем», а также значения всех измеренных величин.

По данным спирографического исследования различают 3 основных типа нарушения вентиляции: обструктивный, ограничительный и смешанный, возможны также их сочетания.

В основе *обструктивного варианта нарушений* лежат нарушения бронхиальной проводимости. Происходит увеличение общей емкости легких, вследствие чего, несмотря на увеличение остаточного объема, ЖЕЛ уменьшается мало по сравнению со скоростными показателями. Обструктивный вариант нарушений имеет в своей основе спазм бронхов, отечно-воспалительные изменения бронхиального дерева, коллапс мелких бронхов при утрате легкими эластических свойств и спадение крупных бронхов на выдохе вследствие трахиобронхиальной дискинезии.

При *ограничительном варианте* доминирует снижение ЖЕЛ. Соответственно, а иногда и в меньшей мере, снижается абсолютный скоростной показатель, а относительный скоростной показатель остается нормальным или превышает норму. Ограничительный вариант обусловлен процессами, уменьшающими растяжимость аппарата вентиляции. Это процессы, ограничивающие расправление грудной клетки (кифосколиоз, болезнь Бехтерева и др.), а также процессы, приводящие к ригидности легких (пневмосклероз) и изменениям, ограничивающим воздухонаполнение легких (опухоли, ателектаз, кисты, пневмоторакс, удаление части легкого).

*Смешанный вариант* нарушений характеризуется снижением ЖЕЛ и абсолютного скоростного показателя, примерно в равной мере, вследствие чего от-

носительный скоростной показатель остается нормальным или превышает норму. Трактовка смешанного варианта оказывается достаточно сложной: наряду со случаями, когда действительно имеет место сочетание обструкции и ограничительных факторов, смешанный вариант может отражать и своеобразие бронхиальной обструкции. Истинную причину смешанного варианта можно установить или путем изучения общей емкости легких и ее структуры, или при повторных исследованиях в процессе динамического наблюдения.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** спирограф «Спиро-Спектр» (ООО «Нейрософт»), вата, весы, ростомер.

**Реактивы:** спирт.

**Ход работы:**

1. Определите рост и массу тела испытуемого.
2. Внесите данные о возрасте, поле, массе тела и росте испытуемого в базу данных спирометра.
3. Обработайте мундштук спиртом.
4. Согласно методическим рекомендациям проведите тесты «Спокойное дыхание», «Форсированный выдох», «Максимальная вентиляция легких».
5. Распечатайте на принтере результаты исследования.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** вклейте результаты спирографии в тетрадь.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** дайте оценку функционального состояния системы вентиляции легких испытуемого.

#### **Работа № 4. Гуморальная регуляция дыхания (функциональная проба с задержкой дыхания)**

Главным фактором, регулирующим частоту дыхания, служит концентрация  $\text{CO}_2$  в крови. Когда уровень  $\text{CO}_2$  повышается, хеморецепторы каротидных и аортальных телец посылают нервные импульсы в центр вдоха. От него через диафрагмальные грудные нервы импульсы поступают к диафрагме и межреберным мышцам, что приводит к их сокращению. Таким образом автоматически стимулируется вдох. При вдохе альвеолы расширяются и находящиеся в них и бронхах рецепторы растяжения посылают ответные импульсы в центр выдоха, который автоматически подавляет вдох – начинается выдох. Вследствие этого поток афферентной импульсации прекращается, центр выдоха отключается, что

приводит к очередному вдоху. Весь этот цикл непрерывно и ритмично совершается на протяжении всей жизни организма.

Концентрация кислорода также оказывает влияние на дыхание. В обычных условиях кислорода бывает достаточно, и поэтому его влияние относительно невелико. Однако при восхождении, например, на высокие горы, когда падает парциальное давление содержащегося в атмосферном воздухе кислорода, снижается насыщенность им крови. Возникает состояние гипоксии, аноксии, при котором усиливающаяся афферентная импульсация от хеморецепторов стимулирует дыхательную активность и увеличивает легочную вентиляцию.

Частота и глубина дыхания непосредственно влияют на состав альвеолярного воздуха, который в свою очередь определяет напряжение  $O_2$  и  $CO_2$  в артериальной крови. Так, избыток  $CO_2$  в крови (в гораздо большей степени, чем недостаток  $O_2$  вызывает усиление импульсации от хеморецепторов аорты, каротидных телец, что приводит к более глубокому и частому дыханию. В известных пределах частота и глубина дыхания могут регулироваться произвольно.

Время, в течение которого человек может задерживать дыхание, преодолевая желание вдохнуть, индивидуально. Задержка дыхания не может быть слишком длительной, так как в крови человека, задержавшего дыхание, накапливается  $CO_2$ , а когда его концентрация достигает сверхпорогового уровня, возбуждается дыхательный центр и дыхание возобновляется помимо воли человека. Так как возбудимость дыхательного центра у различных людей различна, то и длительность произвольной задержки дыхания оказывается у них разной. Поэтому длительность произвольной максимальной задержки дыхания может использоваться в качестве функциональной пробы.

У здоровых людей время максимальной задержки дыхания после спокойного вдоха составляет 50–60 с, после спокойного выдоха оно меньше – 30–40 с. Эти показатели меняются при форсированном дыхании.

Время задержки дыхания можно удлинить, если провести гипервентиляцию легких. Во время гипервентиляции легких  $CO_2$  вымывается из крови и время его накопления до уровня, возбуждающего дыхательный центр, увеличивается. Это и позволяет после гипервентиляции легких осуществлять задержку дыхания на значительно большее время.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** секундомер.

### **Ход работы:**

1. *Определение времени максимальной задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генчи) на фоне спокойного дыхания.* Предложите испытуемому в течение 3–4 мин дышать спокойно, затем после обычного выдоха сделать глубокий вдох или глубокий выдох и задержать дыхание как можно дольше. Пользуясь секундомером, определите время от момента задержки дыхания до момента его возобновления. В обоих случаях для определения времени максимальной задержки дыхания используйте данные 3 попыток и берите для анализа среднее арифметическое.

2. *Определение времени максимальной задержки дыхания на вдохе и выдохе на фоне произвольного форсированного дыхания (после искусственной гипервентиляции легких).* Предложите испытуемому в течение 1–2 мин дышать с наибольшей глубиной (а не частотой), а затем задержать дыхание на максимальном вдохе или на максимальном выдохе. Каждый раз определяйте величину максимальной задержки дыхания, беря среднее значение 3 попыток, как и в предыдущей задаче.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** запишите полученные данные в таблицу 11.

Таблица 11

#### **Результаты функциональных проб с задержкой дыхания**

Условия задержки дыхания	Проба Штанге, с	Проба Генчи, с
На фоне спокойного дыхания		
При гипервентиляции		

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте соответствие полученных результатов норме. Сравните величину максимальной задержки дыхания на вдохе и выдохе при одних и тех же условиях. Опишите механизмы влияния центральных и периферических хеморецепторов на активность дыхательного центра при проведении данных проб. Сравните величину максимальной задержки дыхания, осуществляемой на вдохе, после спокойного и после форсированного дыхания. Объясните причину наблюдаемых отличий.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Какое физиологическое значение имеет увеличение вентиляции легких при физической нагрузке?
2. Какие компоненты входят в состав альвеолярного воздуха?
3. Какие физические закономерности лежат в основе диффузии газов во всех звеньях дыхательного процесса?
4. Какие вы знаете хеморецептивные зоны сосудистой системы, с которых гуморальные агенты влияют на дыхание?
5. После подъема в горы у нетренированного человека может развиваться высотная болезнь. Ее симптомы: головная боль, одышка, утомляемость, ухудшение зрения и слуха. Каковы механизмы этих нарушений?
6. Хорошие пловцы перед тем, как нырнуть, в течение нескольких секунд форсированно дышат. Для чего они это делают? Каков механизм изменения дыхания в этом случае?

### *Контрольные задания*

1. Объясните механизм изменения дыхания после задержки и после усиленной вентиляции легких.
2. При глубоком и продолжительном дыхании может наступить остановка дыхания и потеря сознания. Объясните почему?

### *Контрольные задачи*

1. Четыре человека, близкие по возрастным и физическим данным, участвуют в беге на 1000 м. В конце дистанции МОД (минутный объем дыхания) у первого составил 120 л при частоте дыхания 80 в 1 мин; у второго – 120 л при частоте дыхания 40 в 1 мин; у третьего – 60 л при частоте дыхания 80/мин; у четвертого – 60 л при частоте дыхания 40/мин. Кто из обследуемых является более тренированным человеком?
2. ЖЕЛ обследуемого составила 4200 мл, РО выдоха – 1600 мл, РО вдоха – 1900 мл. Каков минутный объем дыхания у обследуемого, если частота дыхания у него 16 в 1 мин?

## ГЛАВА 5. ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ПИЩЕВАРЕНИЯ

В процессе жизнедеятельности расходуется энергия, а значит, требуется постоянное пополнение энергетических ресурсов. Кроме того, необходимо поступление «строительных» материалов для восстановления отмирающих клеточных элементов.

Источником таких соединений служит поглощаемая животными и человеком пища. Она содержит большее или меньшее количество белков, жиров, углеводов, а также витаминов, вод и неорганических веществ. Чтобы пищевой рацион был адекватным затратам организма и сбалансированным, указанные компоненты должны находиться в нем в правильных соотношениях. Оптимальный пищевой рацион заметно варьируется в зависимости от пола, возраста, активности, размеров тела и температуры окружающей среды.

Пищевые вещества попадают в организм в виде сложных комплексов, которые, как правило, не могут всасываться и усваиваться. Для этого требуется сложная физическая, а главное – химическая переработка пищи: расщепление органических веществ до простых растворимых соединений, которые поступают в циркулирующую кровь и поглощаются из нее клетками организма. Этот процесс сложной физической и химической обработки пищевых веществ носит название *пищеварения*. У простейших оно протекает внутриклеточно. У высших животных и человека пищеварение осуществляется внеклеточно – в полостях пищеварительного тракта и пристеночно.

Пищеварительная трубка делится на участки, выполняющие определенную роль в общем процессе переваривания и всасывания. Отделы пищеварительного канала обладают морфологическими и физиологическими особенностями, но построены они по общему плану. Стенки пищеварительной трубки на всем ее протяжении состоят из четырех слоев: слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной и серозной оболочек.

Двигательные реакции органов пищеварительной системы обеспечивают размельчение пищи, перемешивание и последовательное передвижение ее по пищеварительному каналу. Мышечная оболочка состоит, как правило, из двух слоев – внутреннего кольцевого и наружного продольного. Координированные сокращения этих слоев создают волнообразные перистальтические движения стенок, которые способствуют передвижению пищевого комка.

Химическая обработка пищи происходит под действием соков, выделяющихся в полость пищеварительной трубки. В значительной мере они секретиру-

ются железистым эпителием слизистой оболочки (внутренний слой пищеварительной трубки). Они содержат большое количество *слизи*, а также специфические вещества, необходимые для расщепления сложных соединений, – **ферменты**. Слизь обволакивает пищу и облегчает прохождение пищевого комка по пищеварительному тракту, кроме того, она препятствует перевариванию стенок кишечника его собственными ферментами.

Соответственно трем группам основных пищевых веществ – белкам, жирам и углеводам – в пищеварительных соках имеются протеолитические ферменты (расщепляющие белки), липолитические (расщепляющие жиры) и амилолитические (расщепляющие углеводы). В результате действия ферментов пищеварительных соков на сложные пищевые вещества они расщепляются до конечных продуктов, которые способны всасываться, т.е. переходить в кровь или лимфу. Так, конечным продуктом переваривания сложных белковых соединений являются аминокислоты, углеводов – моносахара, жиров – жирные кислоты и глицерин.

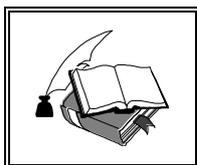
# 1

## Анатомо-физиологические основы пищеварения

занятие

На изучение темы «Анатомо-физиологические основы пищеварения» отводится 8 часов. Учитывая, что в курсе анатомии вас подробно познакомили со строением основных отделов пищеварительной системы, функциональное значение данной системы предлагается изучить самостоятельно. Методические указания содержат схематический план изучения темы, список рекомендуемой литературы и задания для определения уровня усвоения материала.

**Цель занятия:** изучить основные функции пищеварительной системы и нейрогуморальные принципы ее регуляции.



### САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

#### *Необходимый исходный уровень знаний*

**Из курса цитологии:**

1. Транспорт веществ через мембраны.

## 2. Внутриклеточное пищеварение.

### **Из курса анатомии:**

1. Строение пищеварительной системы: особенности строения и топографии головного и туловищного отделов пищеварительной трубки.
2. Развитие пищеварительной системы в онтогенезе и филогенезе.
3. Структурные и гистохимические особенности слизистой оболочки полости рта, желудка и кишечника.
4. Строение желез пищеварительной системы (слюнные железы, печень, поджелудочная железа, железы желудка и кишечника).
5. Иннервация пищеварительной системы.

### **Из курса биохимии:**

1. Свойства ферментов пищеварительного сока основных пищеварительных желез (слюнных желез, желез желудка, тонкого и толстого кишечника, поджелудочной железы).
2. Состав желчи и обмен билирубина в организме.

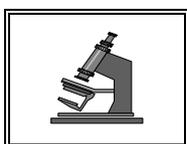
### **Из предшествующих тем:**

3. Основные принципы регуляции функций.

### **Рекомендуемая дополнительная литература**

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельянчик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## Общая характеристика пищеварения

---

**Задание 1.** Объясните понятия: пищеварение, полостное пищеварение, пристеночное пищеварение, внутриклеточное пищеварение, секреция, моторика, химический гидролиз, всасывание.

**Задание 2.** Изучите теоретический материал раздела, используя следующую логическую структуру учебного материала.

1. Структурно-функциональная организация пищеварительной системы:
  - эффекторная часть пищеварительной системы;
  - регуляторная часть пищеварительной системы.
2. Типы пищеварения:
  - по месту действия ферментов: полостное, пристеночное, внутриклеточное;
  - по источникам ферментов: собственное, симбиотное, аутолитическое.
3. Функции пищеварительной системы: моторная, секреторная, собственно пищеварительная, всасывательная функции.
4. Непищеварительные функции системы пищеварения:
  - экскреторная функция: выделение конечных продуктов обмена: билирубина, желчных кислот, мочевины, креатинина;
  - выделение экзогенных веществ: солей тяжелых металлов, лекарственных препаратов.

5. Процессы, обеспечивающие функцию пищеварения:
- физические – размельчение, набухание, растворение;
  - химические – денатурация, гидролиз;
  - физиологические – секреция, моторика, всасывание.



## Пищеварение в ротовой полости

---

**Задание 3.** Вспомните из курса анатомии строение стенок преддверия и собственно полости рта; местоположение и область локализации выводных протоков подъязычных, подчелюстных и околоушных слюнных желез.

**Задание 4.** Изучите теоретический материал раздела, используя следующую логическую структуру учебного материала.

1. Анализ вкусовых свойств пищи и разделение их на пищевые и отвергаемые (отразите роль зрительной, обонятельной, тактильной, температурной сенсорных систем и кортико-лимбических структур).

2. Механическая обработка пищи – жевание (обратите внимание на роль жевательных мышц и зубов). Особое внимание обратите на рефлекторный акт жевания как на сложный ритмический безусловный рефлекс с хорошо выраженным произвольным контролем.

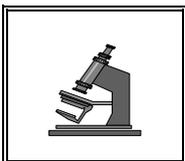
3. Секреторная функция полости рта: количество и состав слюны; физиологическое значение слюны; регуляция слюноотделения (безусловно-рефлекторная и условно-рефлекторная). Обратите внимание на эффекты парасимпатических и симпатических влияний.

4. Химическая обработка пищи в ротовой полости.

5. Всасывательная функция слизистой ротовой полости.

**Задание 5.** Зарисуйте схему рефлекторной дуги безусловного слюноотделительного рефлекса.

**Задание 6.** Пользуясь универсальной индикаторной бумагой, определите pH слюны.



## Глотка и пищевод

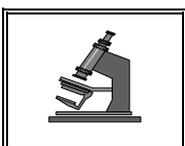
---

**Задание 7.** Вспомните из курса анатомии особенности строения глотки, в том числе носовой, ротовой и гортанной частей глотки; расположение отверстий, соединяющих глотку с полостью носа, среднего уха, рта, гортанью, и пищеводом; топографию пищевода, его длину и области сужения; строение стенки пищевода.

**Задание 8.** Изучите теоретический материал раздела, используя следующую логическую структуру учебного материала:

1. Глотание, как сложный цепной безусловный рефлекс.
2. Фазы акта глотания: ротовая, глоточная, пищеводная. Движение пищи по пищеводу следует рассматривать как часть сложнорефлекторного акта глотания и как составляющую третьей фазы глотания.
3. Взаимокоординация работы центров глотания, дыхания, сердечно-сосудистой системы.

**Задание 9.** Объясните следующий опыт: человек, висящий на турнике вниз головой, проглотил кусочек хлеба. Будет ли хлеб подниматься вверх, против действия силы собственной тяжести?



## Желудок

---

**Задание 10.** Вспомните из курса анатомии особенности строения желудка и его основных частей: входа, дна, тела, привратника, большой кривизны, малой кривизны, а также строение стенки желудка. Обратите внимание на железы желудка, их место локализации и выделяемый ими секрет. Вспомните местоположение желудка и его проекцию на переднюю стенку живота.

**Задание 11.** Изучите теоретический материал раздела, используя следующую логическую структуру учебного материала.

1. Секреторная функция желудка:
  - количество и состав желудочного сока (соляная кислота, пепсиноген, липаза, муцин, гидрокарбонат). При чтении раздела о составе желудочного сока

обратите внимание на клетки, вырабатывающие его компоненты; на основные зоны секреции и механизмы секреции компонентов желудочного сока;

– регуляция желудочной секреции (секреции соляной кислоты, пепсиногена, липазы, муцина, гидрокарбонатов). Обратите внимание на стимулирующее и тормозящее воздействие блуждающего и симпатического нервов;

– фазы желудочной секреции: сложнорефлекторная (с условно- и безусловнорефлекторной компонентой), желудочная, кишечная фазы сокоотделения;

– приспособление желудочной секреции к различным видам пищи и пищевым режимам.

2. Пищеварительные функции желудка. Обратите внимание на роль соляной кислоты, пепсина, гастриксина, желудочной липазы, а также амилазы слюны и липазы языка в химической обработке пищи в желудке.

3. Моторная функция желудка:

– виды движения желудка: перистальтика, тонические волны желудка, систолические сокращения антрально-пилорического отдела;

– регуляция моторики желудка. Обратите внимание на стимулирующие моторику желудка влияния парасимпатической системы, гастрин, мотилин и др., и тормозящие влияния симпатической системы, адреналин, соматостатин, секретин, серотонин;

– рвотный рефлекс.

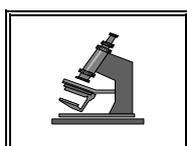
4. Всасывательная функция желудка.

**Задание 12.** Заполните таблицу 12.

Таблица 12

**Состав желудочного сока**

Органические вещества (0,4%)	Неорганические вещества (0,65–0,85%)



## Кишечник

**Задание 13.** Вспомните из курса анатомии строение тонкого кишечника и его отделов (двенадцатиперстная, тощая, подвздошная кишки) и толстого ки-

шечника и его отделов (слепая, ободочная, сигмовидная и прямая кишки). Особое внимание обратите на строение стенки тонкого кишечника (ворсинки, микроворсинки, крипты). Обратите внимание на отличия в строении тонкого и толстого кишечника в связи с их разным функциональным назначением. Вспомните топографию кишечника и его проекцию на переднюю стенку живота.

**Задание 14.** Изучите теоретический материал раздела, используя следующую логическую структуру учебного материала.

1. Пищеварение в тонком кишечнике.

А. Секреты, обеспечивающие пищеварение в тонком кишечнике:

– поджелудочный сок: количество, состав, свойства. Регуляция панкреатической секреции (нервные и гуморальные влияния);

– желчь: количество, состав (желчные кислоты, холестерин, билирубин, фосфолипиды), свойства, функции. Образование желчи и желчевыведение;

– кишечный сок: количество, состав, свойства. Регуляция кишечной секреции.

В каждом отделе тонкого кишечника выделите основные группы ферментов, участвующих в расщеплении белков, жиров и углеводов. Обратите внимание на состав выделяемого пищеварительного сока, его активную реакцию.

Б. Пищеварительная функция тонкого кишечника. Переваривание белков, углеводов, липидов в тонком кишечнике. Пристеночное пищеварение. Особое внимание обратите на пристеночное пищеварение и роль микроворсинок в его осуществлении.

В. Всасывательная функция тонкого кишечника. Всасывание продуктов гидролиза белков, липидов, углеводов, воды, ионов, витаминов. Механизмы, обеспечивающие процессы всасывания.

Отметьте отделы кишечника, где наиболее интенсивно происходят процессы всасывания продуктов, расщепления белков, жиров, углеводов.

Г. Моторная функция тонкого кишечника: перемешивание химуса, передвижение химуса, эвакуация химуса. Регуляция моторики тонкого кишечника.

2. Пищеварение в толстом кишечнике:

– секреторная функция толстого кишечника: количество и состав кишечного сока. Регуляция секреции;

– химическая обработка питательных веществ в толстом кишечнике: компенсаторная функция ферментов сока толстой кишки; роль микрофлоры кишечника (бифидум бактерин, кишечная палочка, молочнокислые бактерии и др.);

- всасывательная функция толстого кишечника;
- моторная функция толстого кишечника: резервуарная функция, функция перемешивания содержимого, функция передвижения химуса.

**Задание 15.** Заполните таблицы 13–15:

Таблица 13

**Состав сока поджелудочной железы**

Органические вещества (0,1–0,3%)	Неорганические вещества (1%)

Таблица 14

**Состав желчи**

Органические вещества, %	Неорганические вещества, %

Таблица 15

**Состав кишечного сока**

Органические вещества	Неорганические вещества



**Основные принципы и механизмы регуляции пищеварения**

**Задание 16.** Изучите теоретический материал раздела, используя следующую логическую структуру учебного материала.

1. Нервная регуляция. Обратите внимание на соматическую регуляцию жевания, 1-й и 2-й фаз глотания, дефекации; вегетативную регуляцию всех этапов пищеварения; метасимпатическую саморегуляцию пищеварительных органов.

2. Гуморальная регуляция. Обратите внимание на гастроинтестинальную эндокринную систему – эндокринные клетки, расположенные диффузно в желудочно-кишечном тракте.

3. Пищевой центр, его структура (гипоталамус, лобная кора и лимбическая система, базальные ганглии, ретикулярная формация ствола, вегетативные и соматические центры ствола и спинного мозга) и функции (формирование пище-

вой мотивации и связанных с ней эмоций, удовлетворение пищевой мотивации и регуляция системы пищеварения).

4. Голод, аппетит и насыщение (сенсорное и обменное). Обратите внимание на локализацию центров голода и насыщения, на их стимуляцию и роль в формировании пищевого поведения.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. В чем состоит сущность процесса пищеварения?
2. Какое строение имеет стенка желудочно-кишечного тракта?
3. С какой целью И.П. Павловым были введены методы «многого кормления» и «малого желудочка»?
4. На какие питательные вещества действует слюна, за счет каких составных частей и при каких условиях?
5. На какие питательные вещества действует желудочный сок, за счет каких составных частей и при каких условиях?
6. Какие питательные вещества расщепляются в кишечнике, за счет каких ферментов и при каких условиях?

### *Контрольные задания*

1. На примере одного из органов пищеварительной системы докажите, в чем проявляется соответствие структуры и функции органов пищеварения?
2. Объясните, как изучение деятельности слюнных желез могло стать «мостиком» от изучения пищеварения к работе головного мозга?
3. Опишите физиологические процессы, лежащие в основе возникновения у человека ощущения голода и сытости?
4. Дайте физиологическое обоснование следующим пословицам и высказываниям:
  - «Хорошо пережевано, наполовину переварено».
  - «Голод – лучшая приправа к еде».

## ГЛАВА 6. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

**Обмен веществ и энергии** между организмом и внешней средой – неотъемлемое свойство живой материи. Обмен веществ складывается из двух процессов – ассимиляции и диссимиляции. **Ассимиляция** – реакции организма, связанные с образованием необходимых организму веществ и накоплением энергии. **Диссимиляция** – распад сложных органических веществ в клетке, высвобождение энергии и ее превращение. Энергия, высвобождающаяся при диссимиляции, обеспечивает все жизненные процессы организма (кровообращение, дыхание, мышечное сокращение и т.д.).

Процессы ассимиляции и диссимиляции согласованы между собой и образуют целостную систему, обеспечивающую жизнедеятельность организма. Однако в различные возрастные периоды отмечаются изменения в соотношениях этих процессов. В период роста и развития, примерно до 22–25 лет, ассимиляция несколько преобладает над диссимиляцией, относительное равновесие сохраняется до 60 лет, а после 60 лет процессы диссимиляции несколько превышают процессы ассимиляции, что сопровождается изменением функциональных возможностей различных систем организма.

Всю энергию, которая образуется в организме, можно принять за тепловую, так как другие виды энергии выделяются в ничтожно малых количествах. Таким образом, об интенсивности процессов в организме можно судить по количеству теплоты, выделенному им в единицу времени.

Единицей измерения теплоты (как и любого другого вида энергии) в принятой ныне международной системе единиц (СИ) является джоуль (Дж). Но в физиологии и медицине обычно используют внесистемную единицу – калорию и килокалорию (кал, ккал), поэтому в тексте практикума мы тоже будем применять эту единицу. Перевод килокалорий в джоули осуществляется в соответствии с соотношением  $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$ .

Измерить количество высвобождающейся энергии в организме можно путем прямой калометрии в специальных камерах для определения общей теплопродукции организма. Это весьма громоздкий метод, в настоящее время почти не применяемый. Теперь широко распространены методы непрямой калометрии, при которых показателем теплопродукции служит количество потребленного кислорода. Результаты измерения выделенной энергии, полученные обоими методами, совпадают.

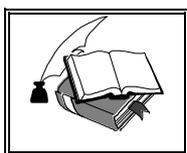
Исследование энергетических затрат организма широко используют в физиологии труда, спортивной медицине и клинике. Интенсивность обмена увеличивается пропорционально нагрузке. Поэтому важно знать, сколько энергии тратит организм для выполнения той или иной работы. Это помогает лучше организовать условия труда на предприятиях, правильно выработать систему тренировок спортсменов и т.д.

**1**

**Обмен веществ и энергии.  
Физиолого-гигиенические основы питания**

**занятие**

**Цель занятия:** изучить основные физиолого-гигиенические принципы составления пищевого рациона.



**САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ**

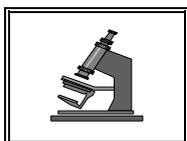
***Необходимый исходный уровень знаний***

1. Закон сохранения и превращения энергии. Основы термодинамики. Энергетический баланс организма: основной и общий обмены. Регуляция обмена энергии.
2. Белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные элементы как источники пластического материала и энергии. Обмен веществ и энергии.
3. Общая характеристика процесса питания.
4. Физиологическое обоснование современных теорий и концепций питания: теория сбалансированного питания; теория адекватного питания, альтернативные концепции питания (вегетарианство, раздельное питание, сыроедение и т.д.).
5. Основные принципы сбалансированного питания.

***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



### Самостоятельная работа на занятии

---

Питание является одним из важных факторов, определяющих состояние здоровья и работоспособность организма. Оно необходимо для построения и непрерывного обновления клеток и тканей, поступления энергии для восполнения энергетических затрат организма, биологически активных веществ, из которых образуются в организме ферменты и гормоны. Питание в значительной мере определяет сопротивляемость организма различным инфекциям и выработку общего иммунитета. Иначе говоря, обмен веществ и энергии, структура и функ-

ции всех клеток, тканей, органов всего организма в целом находятся в прямой зависимости от характера питания.

Таким образом, питание является важнейшей физиологической потребностью организма, а обмен веществ и энергии представляет собой комплекс биохимических и энергетических процессов, обеспечивающих использование пищевых веществ для пластических (строительных) и энергетических нужд организма.

Основными веществами, необходимыми для жизнедеятельности организма, являются белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины и вода. Белки, некоторые жирные кислоты, витамины, минеральные вещества и вода относятся к незаменимым пищевым веществам и обязательно должны поступать в организм с пищей. Углеводы и жиры до известной степени могут быть взаимозаменяемы или образовываться из белков. Однако длительная замена или взаимопреобразование приводят к нарушению обменных процессов в организме, и поэтому введение их с пищей также обязательно.

*Белки* служат главным образом материалом для построения клеток, тканей и органов, образования ферментов и большинства гормонов, входят в состав соединений, обеспечивающих иммунитет организма к инфекциям. Белки выполняют и энергетическую функцию – при окислении 1 г белка выделяется около 4 ккал тепла.

*Жиры* обладают большой энергоемкостью – 1 г жира при окислении дает около 9 ккал – и обеспечивают 33% суточной энергетической ценности пищевого рациона. Они выполняют пластическую функцию, являясь структурной частью клеток и их мембранных систем. Жиры участвуют в обмене витаминов, способствуя их усвоению, и одновременно служат источником некоторых витаминов (А, D, Е).

*Углеводы* – основной источник энергии для организма, и хотя при окислении 1 г углеводов выделяется только около 4 ккал, по энергоемкости они должны составлять 54% энергоемкости суточного пищевого рациона. Углеводы входят в состав почти всех клеток и тканей организма, выполняя пластическую роль. Они принимают участие в белковом обмене, способствуя синтезу нуклеиновых кислот и аминокислот. Большое значение углеводы имеют при жировом обмене.

*Витамины* не имеют пластического и энергетического значения. Это биологически активные вещества, регулирующие обмен веществ и разносторонне влияющие на жизнедеятельность организма. Недостаток витаминов приводит к гиповитаминозу, а их полное отсутствие в организме – к авитаминозу.

*Минеральные вещества* обладают пластическими свойствами, участвуя в построении тканей, особенно костной; регулируют кислотно-щелочное состояние

организма, входят в состав и влияют на функцию ферментных систем, гормонов и витаминов; нормализуют водно-солевой обмен. Физиологическое влияние минеральных веществ распространяется на все системы организма и биохимические процессы, происходящие в них.

Выделяют *макро-* и *микроэлементы*. Первые содержатся в тканях или продуктах в больших количествах – десятках и сотнях миллиграмм, вторые – в миллиграммах или их тысячных долях.

*Вода* является наиважнейшей частью пищевого рациона, ибо все биохимические процессы в клетках организма проходят в водной среде. Недостаток воды организм переносит значительно хуже, чем отсутствие других пищевых веществ. Потеря организмом более 10% воды угрожает его жизнедеятельности. Потребность в воде зависит от возраста, характера питания и деятельности, климата, состояния здоровья и т.д.

**Задание 1.** Дать определения понятиям: обмен веществ, ассимиляция, диссимиляция, основной обмен, общий обмен, питание, специфическое динамическое действие пищи, рабочая прибавка.

**Задание 2.** Рассчитать индивидуальный суточный энергетический баланс организма (Работа № 1).

**Задание 3.** Составить суточный пищевой рацион в соответствии с требованиями рационального питания (Работа № 2).

**Задание 4.** Составить и оценить типичный индивидуальный суточный рацион (Работа № 3).

### ***Оборудование, необходимое на занятии***

*Приборы и посуда:* весы, ростомер, калькулятор.

*Другие материалы:* таблицы «Определение основного обмена человека», «Расход энергии при разных видах деятельности», «Примерный набор продуктов на одну порцию для взрослых», «Химический состав пищевых продуктов».

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### **Работа № 1. Расчет общего обмена человека**

Вся энергия, которую тратит человек в процессе обычной жизнедеятельности в течение суток, носит название *общий обмен*. Он складывается из расхода энергии на: а) основной обмен; б) усвоение пищи – специфически динамиче-

ское действие пищи; в) физическую (нервно-мышечную) деятельность – рабочая прибавка.

*Основной обмен* – это энерготраты организма на поддержание основных процессов жизнедеятельности: дыхательной, сердечно-сосудистой и выделительной систем, системы терморегуляции и поддержание определенного мышечного тонуса человека, находящегося в состоянии полного мышечного и эмоционального покоя, спустя 12–16 часов после приема пищи, при комфортной температуре окружающей среды 20–22 °С.

Уровень основного обмена зависит от возраста, пола, массы тела, роста человека. У детей в связи с высокой интенсивностью обменных процессов основной обмен повышен, у женщин при прочих равных условиях ниже, чем у мужчин, примерно на 10% за счет меньшей мышечной массы. В среднем здоровый человек среднего возраста расходует примерно 1 ккал на 1 кг массы тела в 1 час. Дети 6–7 лет – 1,75 ккал; 10–11 лет – 1,375 ккал; 12–13 лет – 1,4 ккал.

*Специфически динамическое действие пищи (СДДП)* проявляется в усилении интенсивности обмена веществ и увеличении расхода энергии организма на прием и усвоение пищи. Наибольший расход энергии отмечается при усвоении белков и в меньшей степени – углеводов и жиров. При обычном смешанном питании уровень СДДП составляет 10–15% от уровня основного обмена.

*Рабочая прибавка* – это расход энергии на движения и трудовую деятельность на производстве и в домашних условиях. Она определяется преимущественно мышечной работой, ее интенсивностью и продолжительностью. Поэтому при установлении величин суточной потребности в энергии взрослого трудоспособного населения решающее значение приобретает характер труда.

Специальные таблицы дают возможность по росту, возрасту и массе испытуемого определить среднестатистический уровень основного обмена человека с указанными физическими данными.

### **1. Расчет основного обмена человека по таблицам**

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** ростомер, весы.

**Ход работы:** 1. Определите индивидуальные основные антропометрические параметры: длину и массу тела.

2. Найдите стандартную величину (теоретическую «норму») индивидуального основного обмена по таблицам с учетом веса, роста, пола и возраста (см.

Приложение, табл. 1, 2, 3). Таблицы для мужчин и женщин разные (так как у мужчин основной обмен выше, чем у женщин примерно на 10%). В таблице 1 найдите число килокалорий, соответствующее весу, а в табл. 2, 3 – на пересечении граф длины тела и возраста найдите значение килокалорий, соответствующее этим данным.

Сложите оба найденных числа и определите среднестатистическую величину основного обмена, соответствующую норме.

3. Определите основной обмен человека за 1 час.

**Пример расчета:** испытуемым является мужчина в возрасте 21 год, ростом 160 см, весом 60 кг .

Испытуемый	Возраст, годы	Масса тела, кг	Длина тела, см	Число в таблице 1	Число в табл. 2, 3	Сумма (основной обмен)
Мужчина	21	60	160	892	659	1551 ккал

Отсюда основной обмен за 1 час равен:  $1551:24 = 64,625$  ккал ( $\approx 65$  ккал).

Более точно основной обмен определяется по *формуле Гарриса и Бенедикта (J.A. Harris; F.G. Benedict, 1870–1957)*:

$$H_{\text{муж.}} = 66,473 + 13,7516 \times B + 5,0033 \times P - 6,755 \times A ,$$

$$H_{\text{жен.}} = 665,0956 + 9,5634 \times B + 1,8498 \times P - 4,6756 \times A ,$$

где: B – масса тела в кг; P – рост в см; A – возраст в годах.

## 2. Расчет общего обмена человека

### Вариант 1

**Оборудование:** калькулятор.

**Ход работы:**

1. Составьте суточный хронометраж всех видов деятельности.
2. Определите общий обмен данного человека. Для этого основной обмен за 1 час умножьте на число часов сна, занятий в школе, домашних занятий и т.д. После этого, пользуясь таблицей 4 Приложения, подсчитайте энергетические затраты при каждом виде работы. Сумма всех энергетических затрат и составит общий обмен.

3. Найденные величины сведите в таблицу 16 «Суточный расход энергии (общий обмен)».

**Пример расчета:** испытуемым является мужчина (см. выше) с основным обменом за 1 час – 65 ккал.

**Суточный расход энергии (общий обмен)**

Вид деятельности	Продолжительность, часы	Основной обмен, ккал	Увеличение к основному обмену, ккал	Общий обмен, ккал
Сон	8	$8 \times 65 = 520$	–	520
Занятия в институте	6	$6 \times 65 = 390$	$390 \times 0,45 = 175,5$	$390 + 175,5 = 565,5$
Занятия дома	4	$4 \times 65 = 260$	$260 \times 0,6 = 156$	$260 + 156 = 416$
Чтение книги	2	$2 \times 65 = 130$	$130 \times 0,25 = 32,5$	$130 + 32,5 = 162,5$
Плавание	2	$2 \times 65 = 130$	$130 \times 4 = 520$	$130 + 520 = 650$
Прогулка	2	$2 \times 65 = 130$	$130 \times 1,5 = 195$	$195 + 130 = 325$
Итого	24	1560	1079	2639

**Вариант 2**

**Оборудование:** калькулятор, весы.

**Ход работы:** 1. Определите вес испытуемого.

2. Составьте суточный хронометраж всех видов деятельности.

3. Определите энерготраты данного человека на различные виды деятельности (используйте таблицу «Расход энергии при разных видах деятельности» (см. Приложение; табл. 5).

Результаты занесите в таблицу 17.

**Пример расчета:** испытуемым является мужчина весом 60 кг.

Таблица 17

**Суточный расход энергии (общий обмен)**

Вид деятельности	Продолжительность, мин	Общий обмен (энерготраты), ккал
Сон	480	$0,0155 \times 60 \times 480 = 446,4$
Занятия в институте	360	$0,0241 \times 60 \times 360 = 520,6$
Занятия дома	240	$0,0243 \times 60 \times 240 = 349,9$
Чтение книги	120	$0,0243 \times 60 \times 120 = 175$
Плавание	120	$0,1548 \times 60 \times 120 = 1115$
Прогулка	120	$0,0690 \times 60 \times 120 = 497$
Общий обмен		3103

## Работа № 2. Составление суточного пищевого рациона

Физиологически полноценное питание *здоровых* людей, удовлетворяющее энергетические, пластические и другие потребности организма, обеспечивающие при этом необходимый уровень обмена веществ и энергии, называется *рациональным питанием*. Оно основывается на учете возраста и пола, вида деятельности, времени года и суток, климатических условий. К этому необходимо добавить и особенности питания, присущие национальным привычкам и традициям. К рациональному питанию предъявляются требования, слагаемые из требований к пищевому рациону, режиму питания и условиям приема пищи.

*Пищевой рацион* должен отвечать следующим требованиям:

1. Энергетическая ценность рациона должна покрывать энерготраты организма (равна энергии общего обмена), а у детей обеспечивать процессы роста и развития.

2. Оптимальное количество сбалансированных между собой пищевых и биологически активных веществ. Сбалансированность пищевых рационов определяется рядом показателей: 1) соотношение белков, жиров и углеводов; 2) соотношение продуктов растительного и животного происхождения; 3) соотношение витаминов, минеральных солей и т.д.

Наилучшим соотношением белков, жиров и углеводов является 1:1:4, белков и жиров должно быть примерно одинаковое количество, а углеводов в 4 раза больше. Потребность детей в белках на 1 кг массы тела в возрасте до 7 лет составляет – 3,5 г; 8–10 лет – 3 г; 11–17 лет – 2,5–2 г; для взрослых – 1,5 г. Однако жиры и углеводы можно частично заменять друг другом.

Особое значение придается сбалансированности незаменимых, не синтезируемых в организме или синтезируемых с недостаточной скоростью и в ограниченном количестве составных частей пищи (незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, мин. соли). В связи с этим удельный вес белков животного происхождения должен быть 50% (не менее 30%), а жиров – 60–80%.

3. Пища должна хорошо усваиваться, что зависит от состава и способа ее приготовления.

4. Пища должна обладать высокими органолептическими свойствами (внешний вид, консистенция, вкус, запах, цвет, температура).

5. Пища должна быть разнообразной за счет выбора продуктов и различных приемов их кулинарной обработки. Набор продуктов надо делать как можно более разнообразным с включением в него овощей и фруктов.

6. Пища создает чувство насыщения за счет объема, состава и кулинарной обработки.

7. Санитарно-эпидемиологическая безупречность и безвредность пищи.

*Режим питания* включает время и количество приемов пищи, интервалы между ними, распределение суточного пищевого рациона по энергоценности, качественному составу, набору продуктов и массе по приемам пищи. Наиболее оптимальным считают 4-разовый режим питания, когда на первый завтрак приходилось 25% суточного рациона, на второй завтрак – 15%, на обед – 45% и на ужин – 15%. Продукты, богатые белком, рационально использовать для завтрака и обеда.

*Условия приема* пищи: обстановка, сервировка стола, вид пищи, отсутствие отвлекающих факторов.

Зная массу и возраст человека, легко рассчитать количество белков, а следовательно, жиров и углеводов, необходимых данному человеку в сутки. Умножив полученные данные на соответствующие коэффициенты, можно получить количество энергии, которое эти питательные вещества могут дать организму. Сравнив это количество с общим обменом данного человека, можно внести соответствующие коррективы в энергетический баланс, изменив количество жиров и углеводов так, чтобы общее количество энергии, заключенной в питательных веществах, равнялось энергии общего обмена.

В дальнейшем нетрудно составить набор продуктов, содержащий нужное количество белков, жиров и углеводов, пользуясь специальными таблицами, в которых указано содержание этих питательных веществ в 100 г продуктов.

**Оборудование:** калькулятор.

**Ход работы:**

1. Определите количество белков, жиров и углеводов, необходимое для данного человека в сутки.

**Пример:** мужчине 20 лет при массе 60 кг необходимо 1,5 г белков на 1 кг массы тела, т.е. 90 г .

Исходя из соотношения 1:1:4, жиров необходимо столько же, сколько белков, т.е. 90 г, а углеводов – в 4 раза больше, т.е. 360 г.

2. Вычислите количество энергии, заключенной в данном количестве белков, жиров и углеводов.

$$90 \text{ г} \times 4 \text{ ккал/г} + 90 \text{ г} \times 9 \text{ ккал/г} + 360 \times 4 \text{ ккал/г} = 2610 \text{ ккал}$$

3. Сравните калорийность необходимых веществ для данного человека с его общим обменом.

В нашем случае:

Общий обмен – 2639 ккал

Калорийность веществ – 2610 ккал

4. Внесите коррективы в количество необходимых питательных веществ таким образом, чтобы общая калорийность веществ совпала с показателями общего обмена человека.

В нашем случае мужчине необходимо:

Белков – 95 г (380 ккал)

Углеводов – 360 г (1440 ккал)

Жиров – 91 г (819 ккал)

Общая калорийность – 2639 ккал

5. Пользуясь таблицами (см. Приложение, табл. 6, 7), составьте суточный рацион, чтобы в нем было нужное количество белков, жиров, углеводов (в нашем примере белков – 95 г; жиров – 91 г; углеводов – 360 г).

6. Составьте меню четырехразового питания и представьте его в виде таблицы 18.

Таблица 18

**Меню-раскладка суточного пищевого рациона**

Прием пищи и меню	Состав продуктов	Вес, г	Калорийность, ккал	Содержание в выбранных продуктах					
				белков, г	жиров, г	углеводов, г	Витаминов, мг		
							А	В <sub>1</sub>	С
Первый завтрак									
Второй завтрак									
Обед									
Ужин									
Общее количество									

**Работа № 3. Оценка собственного типичного пищевого рациона**

**Оборудование:** калькулятор.

**Ход работы:** 1. Составьте типичное меню своего питания.

2. Определите количественный и качественный состав, пользуясь соответствующими таблицами «Приложения».

3. Определите энергетическую ценность каждого приема пищи и его процентное отношение к суточной энергоемкости рациона.

4. Определите суммарное количество и соотношение белков, жиров и углеводов, суточное потребление витаминов.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** дайте развернутое заключение о собственном типичном рационе, отметив:

- соответствие энергоемкости своего пищевого рациона собственным энерготратам;
- соответствие качественного состава рациона гигиеническим требованиям;
- соответствие распределения энергоемкости по отдельным приемам пищи гигиеническим требованиям;

Сделайте обобщение и дайте рекомендации по оптимизации своего питания.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Что такое обмен веществ, и как он изменяется на разных этапах онтогенеза?
2. Что такое рациональное питание и на каких принципах оно основано?
3. Что такое энергоценность пищевого рациона, и как она определяется?
4. Как рассчитываются суточные энерготраты человека?

### *Контрольные задания*

Дайте характеристику основным питательным веществам и покажите степень значимости каждого из них.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Таблица 1

**Определение основного обмена по массе**

<b>Женщины</b>				<b>Мужчины</b>			
<b>кг</b>	<b>ккал</b>	<b>кг</b>	<b>ккал</b>	<b>кг</b>	<b>ккал</b>	<b>кг</b>	<b>ккал</b>
44	1076	64	1267	50	754	70	1029
45	1085	65	1277	51	768	71	1043
46	1095	66	1286	52	782	72	1057
47	1105	67	1296	53	795	73	1070
48	1114	68	1305	54	809	74	1084
49	1124	69	1315	55	823	75	1098
50	1133	70	1325	56	837	76	1112
51	1143	71	1334	57	850	77	1125
52	1152	72	1344	58	864	78	1139
53	1162	73	1353	59	878	79	1153
54	1172	74	1363	60	892	80	1167
55	1181	75	1372	61	905	81	1180
56	1191	76	1382	62	919	82	1194
57	1200	77	1391	63	933	83	1208
58	1210	78	1401	64	947	84	1222
59	1219	79	1411	65	960	85	1235
60	1229	80	1420	66	974	86	1249
61	1238	81	1430	67	988	87	1263
62	1248	82	1439	68	1002	88	1277
63	1258	83	1449	69	1015	89	1290

Таблица 2

**Определение основного обмена по возрасту и росту у мужчин (ккал)**

<b>Возраст, годы</b>	<b>Рост, см</b>									
	<b>152</b>	<b>156</b>	<b>160</b>	<b>164</b>	<b>168</b>	<b>172</b>	<b>176</b>	<b>180</b>	<b>184</b>	<b>188</b>
19	648	678	708	738	768	788	808	828	848	868
21	619	669	659	679	699	719	729	759	779	799
23	605	625	645	665	685	705	725	745	765	785
25	592	612	631	652	672	692	718	732	752	772

Окончание табл. 2

Возраст, годы	Рост, см									
	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188
27	578	598	618	638	658	678	698	718	7638	758
29	565	585	605	625	645	665	685	705	725	745
31	551	571	591	611	631	651	671	691	711	731
33	538	558	578	598	618	638	658	678	698	718
35	524	544	564	584	604	624	644	664	684	704
37	511	531	551	571	591	611	631	651	671	691
39	497	517	537	557	577	597	617	637	657	677
41	484	504	524	544	564	584	604	624	644	664
43	470	490	510	530	550	557	590	610	630	650

Таблица 3

**Определение основного обмена по возрасту и росту у женщин (ккал)**

Возраст, годы	Рост, см									
	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188
19	192	206	220	234	246	258	270	282	294	304
21	183	190	198	205	213	220	227	235	242	250
23	174	181	188	196	203	211	218	225	233	240
25	164	172	179	186	194	201	209	216	223	231
27	155	162	170	177	184	192	199	207	214	221
29	146	153	160	168	175	183	190	197	204	215
31	136	144	151	158	166	173	181	188	195	203
33	127	134	142	149	156	164	171	179	186	193
35	117	125	132	140	147	154	162	169	177	184
37	108	116	123	130	138	145	153	160	167	175
39	99	106	114	121	128	136	143	151	158	165
41	89	97	104	112	119	126	134	141	149	156
43	80	87	95	102	110	117	123	132	139	147

Таблица 4

## Затраты энергии при различных видах работ

Вид работ	Увеличение к основному обмену	Вид работ	Увеличение к основному обмену
Занятие в институте	0,45	Самостоятельные умственные занятия	0,60
Спокойное сидение	0,20	Чтение вслух, разговор, писание	0,30
Ручное шитье, вязание	0,40	Работа на пишущей машинке	0,80
Глажение белья	0,90	Работа столяра	2
Подметание пола	1,1	Спокойное стояние	0,40
Ходьба прогулочная	1,5	Ходьба быстрая	2,75
Плавание	4	Бег медленный	5
Бег быстрый	7		

Таблица 5

## Расход энергии при разных видах деятельности

№ п/п	Вид деятельности	Энерготраты в 1 мин / 1 кг массы тела; ккал	№ п/п	Вид деятельности	Энерготраты в 1 мин / 1 кг массы тела; ккал
1	Утренняя зарядка	0,0648	15	Умственный труд сидя	0,0243
2	Личная гигиена	0,0329	16	Душ	0,0329
3	Уборка постели	0,0329	17	Слушание лекций	0,0241
4	Прием пищи сидя	0,0236	18	Практические занятия сидя	0,0250
5	Ходьба умеренная	0,0714	19	Практические занятия стоя	0,0360
6	Ходьба быстрая	0,1548	20	Школьные занятия	0,0264
7	Бег	0,1780	21	Шитье на ручной машинке	0,0264
8	Езда на работу в автобусе	0,0267	22	Печатание на машинке	0,0333
9	Езда на велосипеде	0,1285	23	Отдых сидя	0,0229
	Работа:		24	Отдых стоя	0,0264
10	– портного	0,0321	25	Отдых лежа без сна	0,0183
11	– столяра и металлиста	0,0571	26	Прогулка	0,0690
12	– огородников	0,0806	27	Самообслуживание	0,0250
13	– хозяйственно-бытовая	0,0573	28	Одевание и снятие одежды	0,0341
14	Стирка вручную	0,0510	29	Сон	0,0155

## Примерный набор продуктов на одну порцию для взрослых

Набор продуктов на одну порцию	Вес продуктов, г	Набор продуктов на одну порцию	Вес продуктов, г
<b>Борщ</b>		<b>Щи</b>	
Мясо	50–100	Мясо	100
Капуста	150	Капуста	200
Картофель	100	Картофель	100
Свекла	20	Морковь	25
Морковь	10	Лук	10
Лук	10	Томат	10
Томат	10	Коренья	10
Сметана	20	Сметана	20
<b>Рассольник</b>		<b>Солянка</b>	
Почки	70	Мясо или рыба	100–150
Огурцы соленые	50	Капуста или картофель	100
Картофель	100	Морковь	20
Морковь	20	Лук	10
Лук	10	Помидоры и огурцы	25
Сметана	20	Коренья	10
<b>Суп крупяной</b>		Жир	10
		<b>Суп гороховый</b>	
Крупа (любая)	30–50	Горох	70
Мясо	50–100	Мясо	50–100
Картофель	100–150	Лук	20
Морковь	20	Масло	10
Лук	10	<b>Суп с лапшой и курицей</b>	
Томат	10		
Жир	10	Лапша (макароны)	50
<b>Мясо жареное с гарниром</b>		Курица	50
		Яйцо	¼ шт.
Мясо	250	Морковь	20
Картофель	200	Лук	10
Масло	10	Картофель	50
<b>Мясо тушеное с гарниром</b>		Масло	10
		<b>Курица жареная с гарниром</b>	
Мясо	250	Курица	250
Картофель	200	Рис	100
Морковь	20	Масло	10
Лук	20	Сметана	30
Томат	10		

Продолжение табл. 6

Набор продуктов на одну порцию	Вес продуктов, г	Набор продуктов на одну порцию	Вес продуктов, г
<b>Суп грибной</b>		<b>Плов</b>	
Крупа перловая	40	Баранина	100
Грибы сухие	20	Рис	100
Картофель	200	Морковь	20
Лук	10	Лук	15
Масло	10	Томат	10
<b>Печень жареная с гарниром</b>		Масло	15
		<b>Котлеты с гарниром</b>	
Печень	200	Говядина	50
Картофель	100–150	Картофель или макароны	200
Огурцы соленые	50	Свинина	50
Сметана	25	Хлеб	30
Масло	10	Мука	5
<b>Макароны с фаршем</b>		Лук	10
		Масло	10
Мясо	100	<b>Рыба жареная с гарниром</b>	
Макароны	80		
Томаты	10	Сиг, сырок, минтай или др.	150–200
Морковь	20	Огурцы соленые	50
Лук	20	Лук	20
Масло	10	Масло	20
<b>Каша рисовая (манная)</b>		Сухари или мука	20
		<b>Каша гречневая (пшенная)</b>	
Крупа	60		
Молоко	200	Масло	30
Сахар	5	<b>Ватрушки</b>	
Масло	10		
<b>Вареники</b>		Мука	50
Творог	150	Творог	80
Мука	30	Молоко	50
Сахар	10	Сахар	15
Яйцо	½ шт.	Яйцо	¼ шт.
<b>Картофель жареный</b>		Масло	20
Картофель	250		
Лук	10		
Масло	20		

Окончание табл. 6

Набор продуктов на одну порцию	Вес продуктов, г	Набор продуктов на одну порцию	Вес продуктов, г
<b>Сырники</b>		<b>Винегрет</b>	
Творог	200	Картофель	150
Масло	10	Свекла	80
Сахар	20	Морковь	80
Мука	10	Капуста квашеная	50
Яйцо	½ шт.	Огурцы соленые	25
<b>Кисель клюквенный</b>		Лук	10
		Масло растительное	20
<b>Компот из сухих фруктов</b>			
Клюква	80	Сухие фрукты	70
Крахмал	20	Сахар	30
Сахар	40		

Таблица 7

**Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов  
(в пересчете на 100 г съедобной части продукта)**

Наименование продукта	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Витамины, мг			Энергетическая ценность, ккал
				А	В <sub>1</sub>	С	
Мука пшеничная в/с	10,3	0,9	74,2	0	0,17	0	327
Крупа: – манная	11,3	0,7	73,3	0	0,14	0	326
– гречневая	12,6	2,6	68,0	0	0,53	0	329
– рисовая	7,0	0,6	77,3	0	0,08	0	323
– пшено	12,0	2,9	69,3	0,15	0,62	0	334
– овсяная	11,9	5,8	65,4	0	0,49	0	345
– овсяные хлопья	13,1	6,2	65,7	0	0,22	0	355
– перловая	9,3	1,1	73,7	0	0,12	0	324
– ячневая	10,4	1,3	71,7	0	0,27	0	322
Горох	23,0	1,6	57,7	0,05	0,9	0	323
Макароны	10,7	1,3	69,6	0	0,25	0	339
Хлеб ржаной	5,0	1,0	42,5	0	0,15	0	204
Хлеб пшеничный	7,6	0,9	49,7	0	0,16	0	226
Булка городская	7,7	2,4	53,4	0	0,16	0	254
Сухари сливочные	8,5	10,6	71,3	0	0,12	0	397
Сахар-песок	0	0	99,8	0	0	0	374
Карамель	0,1	0,1	92,1	0	0	0	348
Шоколад молочный	6,9	35,7	52,4	0	0,05	0	547

Продолжение табл. 7

Наименование продукта	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Витамины, мг			Энергетическая ценность, ккал
				А	В	С	
Какао-порошок	24,2	17,5	27,9	0	0,1	0	373
Печенье	10,8	8,5	66,4	0	0	0	395
Вафли	3,2	2,8	80,1	0	0,04	0	342
Пирожное с кремом	5,4	38,6	46,4	0,14	0,04	0	544
Молоко	2,8	3,2	4,7	0,01	0,03	1,0	58
Сливки 10% жирности	3,0	10,0	4,0	0,03	0,03	0,5	118
Сметана 20% жир.	2,8	20,0	3,2	0,06	0,03	0,3	206
Творог жирный	14,0	18,0	1,3	0,1	0,05	0,5	226
Кефир	2,8	3,2	4,1	0,01	0,03	0,7	59
Молоко сгущенное с сахаром	7,2	8,5	56,0	0,02	0,06	1,0	315
Масло сливочное	0,6	82,5	0,9	0,34	0	0	748
Сыр голландский	26,8	27,3	0	0,17	0,03	2,8	361
Сыр российский	23,4	30,0	0	0,17	0,04	1,6	371
Брынза	17,9	20,1	0	0	0,04	1,0	260
Мороженое сливочное	3,5	20,0	19,6	0,06	0,03	0,4	268
Маргарин сливочный	0,3	82,3	1,0	0	0	0	746
Масло подсолнеч.	0	99,9	0	0	0	0	899
Горошек зеленый	5,0	0,2	13,3	0,4	0,34	25	72
Капуста белокочанная	1,8	0	5,4	0,02	0,06	50	28
Капуста цветная	2,5	0	4,9	0,02	0,1	70	29
Картофель	2,0	0,1	19,7	0,02	0,12	20	83
Лук зеленый (перо)	1,3	0	4,3	2	0,02	30	22
Лук репчатый	1,7	0	9,5	0	0,05	10	43
Морковь	1,3	0,1	7,0	9	0,06	5	33
Огурцы	0,8	0	3,0	0,06	0,03	10	15
Редис	1,2	0	4,1	0	0,01	25	20
Салат	1,5	0	2,2	1,75	0,03	15	14
Свекла	1,7	0	10,8	0,01	0,02	10	48
Томаты	0,6	0	4,2	1,2	0,06	25	19
Щавель	1,5	0	5,3	2,5	0,19	43	28
Арбуз	0,7	0	9,2	0,1	0,04	7	49
Вишня	0,8	0	11,3	0,1	0,03	15	49

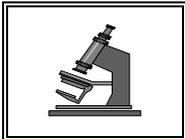
Продолжение табл. 7

Наименование продукта	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Витамины, мг			Энергетическая ценность, ккал
				А	В <sub>1</sub>	С	
Слива	0,87	0	9,9	0,1	0,06	10	43
Яблоки	0,4	0	11,3	0,03	0,01	13	46
Апельсины	0,9	0	8,4	0,05	0,04	60	38
Лимоны	0,9	0	3,6	0,01	0,04	40	31
Мандарины	0,8	0	8,6	0,1	0,06	0,06	38
Виноград	0,4	0	17,5	0	0,05	6	69
Земляника садовая	1,8	0	8,1	0,03	0,03	60	41
Клюква	0,5	0	4,8	0	0,02	15	28
Малина	0,8	0	9,0	0,2	0,02	25	41
Смородина черная	1,0	0	8,0	0,1	0,02	200	40
Шиповник свежий	1,6	0	24,0	2,6	0,05	470	101
Грибы белые суш.	27,6	6,8	10,0	0	0,27	150	209
Грибы белые свеж.	3,2	0,7	1,6	0	0,02	30	25
Капуста квашеная	0,8	0	1,8	0	0	20	14
Огурцы соленые	2,8	0	1,3	0	0	0	19
Баранина	20,8	9,0	0	0	0,09	0	164
Говядина	18,9	12,4	0	0	0,06	0	187
Мясо кролика	20,7	12,9	0	0	0,08	0	199
Свинина мясная	14,6	33,0	0	0	0,52	0	355
Телятина	19,7	1,2	0	0	0,14	0	90
Печень	17,4	3,1	0	1,0	0,3	33	98
Почки	12,5	1,8	0	0	0,39	10	66
Колбаса докторская	13,7	22,8	0	0	0	0	260
Сардельки	9,5	17,0	1,9	0	0	0	198
Сосиски молочные	12,3	25,3	0	0	0	0	277
Сосиски свиные	11,8	30,8	0	0	0	0	324
Грудинка сырокопченая	7,6	66,8	0	0	0	0	632
Корейка сырокопч.	10,5	47,2	0	0	0	0	467
Окорок	19,3	20,5	0	0	0	0	262
Консервы мясные:							
– говядина тушеная	16,8	18,3	0	0	0,02	0	232
– свинина тушеная	14,9	32,2	0	0	0,14	0	349
Куры 1 категории	18,2	18,4	0,7	0,07	0,07	0	241
Цыплята 1 категории	17,8	12,3	0,4	0,04	0,07	0	183

Окончание табл. 7

Наименование продукта	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Витамины, мг			Энергетическая ценность, ккал
				А	В	С	
Яйца куриные	12,7	11,6	0,7	0,35	0,07	0	157
Камбала	15,7	3,0	0	0	0,06	0	90
Карп	16,0	3,6	0	0,02	0,14	0	96
Лещ	17,1	4,1	0	0,03	0,12	0	105
Окунь морской	17,6	5,2	0	0	0,11	0	117
Окунь речной	18,5	0,9	0	0	0	0	82
Судак	19,0	0,8	0	0	0,08	3,0	83
Треска	17,5	0,6	0	0,01	0,09	0	75
Хек	16,6	2,2	0	0,	0,12	3,7	86
Щука	18,8	0,7	0	0	0,11	1,6	82
Сельдь атлант. сол.	17,0	8,5	0	0	0	0	145
Сардины в масле	17,9	19,7	0	0	0,02	0	249
Икра осетровая	28,9	9,7	0	0,18	0,3	7,8	203
Шпроты (консервы)	17,4	32,4	0,4	0	0,05	0	365
Консервы овощные:							
– горошек зеленый	3,1	0,2	7,1	0,3	0,11	10,0	41
– перец фаршированный	1,7	6,6	11,3	0	0,05	20,0	109
– икра баклажанная	1,7	13,3	6,9	0,92	0,03	7,0	154
– икра кабачковая	2,0	9,0	8,6	0,92	0,02	7,0	122
Томат-паста	4,8	0	20,4	2	0,15	45	105
Фрукты сушеные:							
– изюм	1,8	0	70,9	0	0,15	0	276
– чернослив	2,3	0	65,6	0,06	0,1	3,0	264
– яблоки	3,2	0	68,0	0,02	0,02	2,0	273
– урюк	5,0	0	67,5	3,5	0,1	4,0	278
Квас хлебный	0,2	0	5,0	0	0,04	0	25

**Цель занятия:** составить целостное представление об особенностях протекания обмена веществ между организмом и окружающей средой и нейрогуморальных механизмах регуляции обмена веществ.



### Самостоятельная работа на занятии

**Задание 1.** Кратко охарактеризуйте особенности протекания обмена веществ по следующему плану.

1. Общая характеристика обмена веществ.
2. Биоэнергетика:
  - фазы высвобождения энергии из питательных веществ;
  - биологическое окисление; основные метаболические пути запасания энергии (аэробное окисление, анаэробное окисление) и их взаимоотношения;
  - особенности энергетического обмена в нервной ткани;
  - особенности энергетического обмена в мышцах.
3. Обмен аминокислот и белков в организме:
  - функции белков;
  - белки пищи; переваривание и всасывание;
  - промежуточный обмен белков (синтез и распад белков);
  - нейрогуморальная регуляция обмена белков;
  - применение аминокислот в качестве лекарственных препаратов.
4. Обмен липидов в организме:
  - функции липидов;
  - жиры пищи; переваривание и всасывание липидов;
  - промежуточный обмен липидов (синтез и распад липидов);
  - нервная регуляция обмена липидов (симпатические и парасимпатические влияния);
    - гуморальная регуляция обмена липидов;
    - нарушения липидного обмена;

- применение липидов и их компонентов в качестве лекарственных препаратов.

5. Обмен углеводов в организме:

- функции углеводов;
- переваривание и всасывание;
- промежуточный обмен углеводов (синтез и распад белков);
- нейрогуморальная регуляция обмена углеводов.

6. Обмен воды в организме:

- функции воды в организме;
- основные водные компартменты организма;
- баланс воды в организме;
- регуляция обмена воды.

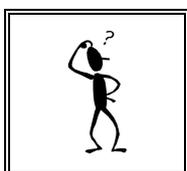
7. Обмен макроэлементов ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ) в организме:

- функции макроэлементов;
- пути поступления и выведения;
- баланс макроэлементов;
- регуляция уровня макроэлементов.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Диурез у млекопитающих находится в зависимости от кровяного давления. Как связаны между собой две упомянутые выше функции?
2. Безжировая диета часто приводит к авитаминозам? Объясните это явление?
3. Некоторые животные в отличие от человека могут обходиться без поступления извне одного (а иногда и нескольких) из следующих веществ: а) воды; б) кислорода; в) белков; г) витамина С. Благодаря каким особенностям физиологии, биохимии и образа жизни эти животные обладают такими свойствами?
4. Прием 150 г мяса, дающих 150 ккал, вызывает значительно более продолжительное чувство насыщения, чем 100 г хлеба, дающих 300 ккал. Как это можно объяснить?
5. Каковы физиологические механизмы регуляции концентрации глюкозы в крови?

### *Контрольные задания*

1. Опишите функциональные сдвиги в системах жизнеобеспечения при избыточном поступлении в организм NaCl.

2. Опишите функциональные сдвиги в системах жизнеобеспечения при избыточном поступлении воды в организм.

3. Опишите функциональные сдвиги в системах жизнеобеспечения при избыточном поступлении в организм углеводов.

### ***Контрольные задачи***

1. В первых космических полетах в условиях невесомости космонавты теряли до 3 г  $\text{Ca}^{2+}$  в день, и поэтому многие специалисты сомневались в возможности длительных космических полетов. Объясните, чем обусловлена такая высокая потеря ионов кальция в космическом полете? Предложите способы уменьшения потерь ионов кальция организмом космонавтов в условиях невесомости.

2. У молодой женщины при поступлении с пищей 120 г белка в сутки выделено с мочой за то же время 16 г азота. Какое предположение о состоянии женщины можно сделать?

3. Объясните, почему употребление 1 л пива вызывает более обильное образование мочи, чем употребление такого же количества воды?

4. Известно, что скорость образования почками вторичной мочи зависит от двух факторов: скорости фильтрации в почечных клубочках и интенсивности обратного всасывания в почечных канальцах. При болевом раздражении количество образующейся вторичной мочи уменьшается. Каковы физиологические механизмы этого явления?

1

Гуморальные механизмы регуляции  
жизнедеятельности организмов

занятие

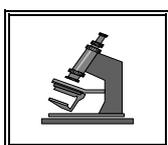
**Цель занятия:** изучить гуморальные механизмы регуляции жизнедеятельности организма.



**САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ**

**Методическое обеспечение занятия**

- ◆ Видеофильм «Физиология эндокринной системы» (Новосибирск: НПГИ, кафедра анатомии и физиологии человека и животных, 1990 г.).
- ◆ Атлас по нормальной физиологии / под ред. Н.А. Аганджаняна. – М.: Высш. шк., 1987.
- ◆ Физиология человека и животных в схемах и таблицах / В.Б. Брин. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 1999.
- ◆ Общий курс физиологии человека и животных: учебник / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высшая школа, 1991. – Кн. 2.



**Эволюция регуляторных механизмов**

**Задание 1.** Вспомните из курсов цитологии и биохимии особенности внутриклеточной организации системы регуляции метаболизма.

**Задание 2.** Изучите основные направления эволюции гуморальных механизмов.

Знакомясь с процессом регуляции на уровне самостоятельного одноклеточного организма, необходимо обратить внимание на способность этих организмов быстро и довольно значительно изменять свой обмен веществ при адаптации к новым условиям внешней среды.

Клетки должны взаимодействовать с окружающей средой, поэтому на их поверхности находятся разнообразные молекулы – рецепторы. Эти рецепторы распознают специфические сигналы и передают их вглубь клетки. Существование множества различных рецепторов обуславливает способность клетки справляться с большим числом сигналов и ставит перед ней проблему выбора реакции. Молекулы на уровне мембраны работают в содружестве, а весь комплекс мембранных белков вступает во взаимодействие с сократительными элементами, расположенными под мембраной.

Следует отметить, что для одноклеточных организмов характерна **внутриклеточная система регуляции метаболизма**.

В условиях многоклеточного организма клетка теряет способность к свободному передвижению и размножению. Следовательно, при объединении клеток появляется еще одна функция – координация их обмена, т.е. достигается согласование скоростей всех химических реакций и физико-химических процессов друг с другом и адекватная реакция организма на изменения внешней среды. Появляется **межклеточная и межорганная регуляция обменных процессов**. Под действием специальных регуляторных систем поддерживаются, с одной стороны, постоянство многих функций организма, т.е. гомеостаз, а с другой – изменения под влиянием различных внешних воздействий в период развития организма (онтогенез, биоритмы, адаптация, воспалительная реакция, синтез антител и острофазовых белков – интерферона и др.). Однако внутриклеточная регуляция в определенной степени сохраняет свою автономию, но она находится под контролем высших регуляторных механизмов, принадлежащих всему организму в целом.

Основными факторами гуморальной регуляции многоклеточных организмов являются гормоны.

Гормоны растений – фитогормоны, обеспечивают воздействия на обмен веществ и деление клеток: регулируют рост клеток в длину; вызывают образование новых корней; развитие цветков и плодов; стимулируют клеточное деление в камбии и т.д. К фитогормонам относятся **ауксины, гиббереллины, цитокинины**.

**Ауксины** – вещества, стимулирующие рост через усиление метаболических процессов, обеспечивают клеточную дифференцировку. Реакции тропизма обусловлены неравномерным распределением ауксина. Листопад – результат естественного снижения синтеза ауксина в стареющей ткани. Ауксин вместе с другими химическими регуляторами обеспечивает образование из массы деля-

щихся клеток не просто многоклеточной колонии, а подлинного многоклеточного организма.

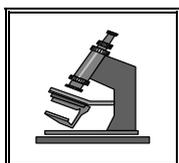
*Гиббереллины* – выделяется зародышем семени зерновых, злаков и активизируют процессы выработки и секреции ферментов ( $\alpha$ -амилазы и др.), способствуют освобождению триптофана из белков, из которого синтезируются ауксины.

*Цитокинины* – гормоны третьего типа, заметно повышают скорость клеточного деления.

По мере усложнения организма гормоны приобретают иные функции. Например, у амфибий пролактин регулирует осмотическое давление, а у млекопитающих он регулирует лактацию.

Регуляторные механизмы возникают в процессе эволюции задолго до формирования метаболических процессов, которые они призваны регулировать. Человек в биологическом отношении является результатом эволюции живой природы, поэтому в сложной системе регуляции функций человеческого организма можно отчетливо различить следы этапов эволюции регуляторных механизмов. Таким образом, можно заключить, что система регуляции функций должна соответствовать уровню развития организма.

**Задание 3.** Объясните понятия: клетка, гомеостаз, метаболизм, рецепторы, регуляция, гормоны, внутриклеточная система регуляции метаболизма, межклеточная регуляция, ауксины, гиббереллины, цитокинины.



### Основные принципы структурной организации гормональной системы

---

**Задание 4.** Вспомните из курса биохимии основные принципы структурной организации гормональной системы.

При изучении данного вопроса необходимо объяснить, чем обусловлена та или иная особенность гормональной системы. Например, известно, что гормональная система регуляции работает медленнее, чем нервная система, но обладает более длительным эффектом действия.

Ответ заключается в следующем: гормональная регуляция, являясь частным случаем химической регуляции функций, осуществляется через кровеносную систему. Отсюда понятно, что скорость прохождения химического сигнала во много раз ниже, чем нервного импульса. Более длительный эффект обусловлен тем, что действие химического сигнала прекращается с разрушением мате-

риальных носителей информации (молекул гормона), для чего необходимо определенное время.

Выделяя **основные принципы построения данной системы регуляции**, нужно подчеркнуть, что:

а) гормональная система регуляции построена по **иерархическому принципу**;

б) гормональная система организована по **принципу каскада**, т.е. при каждой передаче информации сигналы усиливаются;

в) гормональная система организована по **принципу обратной связи** – результат гормонального воздействия должен быть обязательно передан обратно в центральную нервную систему;

г) гормоны могут обладать плейотропным эффектом, т.е. могут воздействовать на один тип клеток или даже на несколько типов клеток;

д) различают гормоны, индуцирующие образование «внутриклеточного посредника», и гормоны, воздействующие на генетический материал клеточного ядра;

е) гормональная система функционирует во взаимосвязи с другими регуляторными системами, обеспечивающими гомеостаз.

#### *Нейроэндокринные взаимосвязи*

Нервная регуляция обмена веществ и функций исполнительных органов осуществляется не только благодаря поступлению нервных импульсов по центростремительным нервам, но и опосредованно через эндокринную систему. Объединяются оба потока информации – нервный и гормональный – на уровне гипоталамуса, нейропептиды которого (*либерины и статины*) регулируют секрецию тропных гормонов гипофиза. В ответ на возбуждение определенных центров мозга *либерины* освобождаются из аксонов нервных клеток гипоталамуса, оканчивающихся в гипофизе, и стимулируют синтез и выделение *тропных гормонов* клетками последнего.

Под прямым контролем нервной системы находятся мозговое вещество надпочечников и гипоталамус; другие эндокринные железы связаны с нервной системой опосредованно – через гормоны гипоталамуса и гипофиза.

Тропные гормоны стимулируют секрецию гормонов периферическими железами, для поддержания необходимого уровня в крови которых действуют механизмы саморегуляции. В основе последних заложены межгормональные взаимоотношения «по принципу отрицательной обратной связи»

(рис. 6). Так, например, гормоны периферических желез, действуя через клетки гипофиза, угнетают образование тропных гормонов или, действуя через нейро-секреторные клетки гипоталамуса, угнетают секрецию либеринов. В последнем случае возможна активация синтеза статинов.

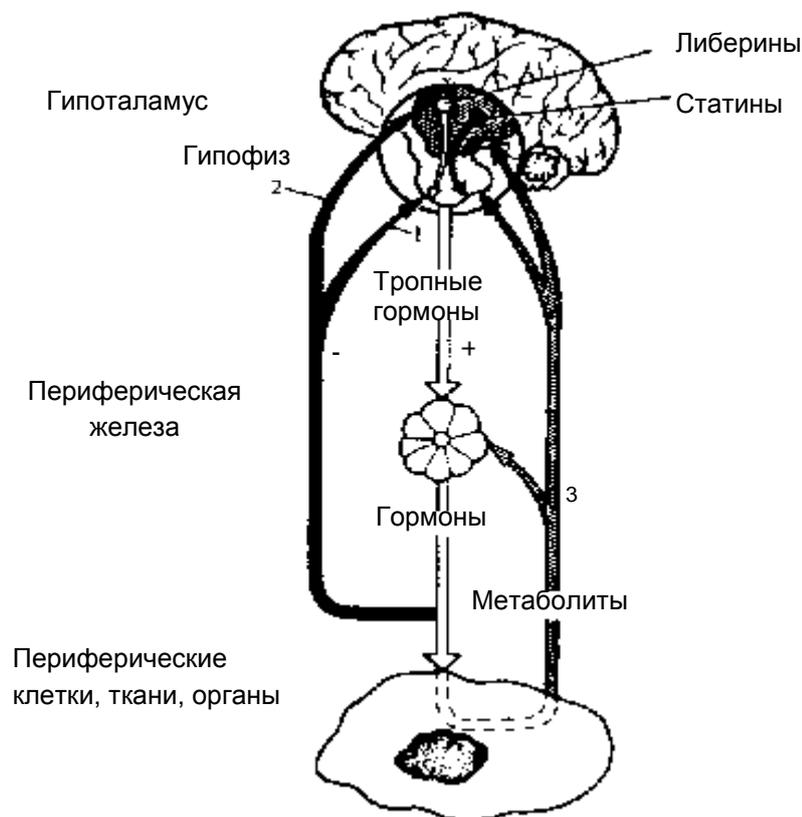


Рис. 13. Схема взаимоотношений в эндокринной системе (Строев Е.А., 1986):  
1, 2 – длинная обратная связь; 3 – метаболитно-гормональная обратная связь

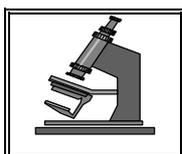
Существует также *метаболитно-гормональная обратная связь*. Оказывая влияние на обмен веществ, гормоны изменяют содержание какого-либо метаболита в крови (глюкозы, аминокислот, нуклеотидов, жирных кислот, холестерина, ионов  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ). Они являются индикаторами состояния углеводного, белкового, липидного, нуклеинового, водно-солевого обмена. Метаболиты по механизму обратной связи влияют на секрецию гормонов в периферических железах непосредственно или опосредованно через гипоталамо-гипофизарную систему.

**Задание 5.** Объясните понятия: принцип иерархии, принцип каскада, прямая связь, обратная связь, плеiotропный эффект, внутриклеточный посредник, нервная регуляция, нейроэндокринная регуляция, саморегуляция, либерины, статины, отрицательная обратная связь, метаболитно-гормональная обратная связь.

## Вопросы для самопроверки



1. Какие можно привести примеры, подтверждающие иерархический принцип построения гормональной системы?
2. Какие гормоны обладают плеiotропным действием?
3. Каким образом предотвращается постоянная выработка усиленных химических сигналов и постоянное стимулирование активности? Приведите примеры.



## Физиологическая организация эндокринной функции

---

**Задание 6.** Изучите физиологическую организацию эндокринной системы и механизмы действия гормонов, используя следующую логическую схему.

### **1. Биосинтез гормонов:**

– по схеме синтеза белка (прямой генетический контроль) на полирибосомах образуется прогормон, дальнейшая обработка которого происходит в агранулярной эндоплазматической сети и аппарате Гольджи и завершается упаковкой молекул в секреторные гранулы;

– опосредованный контроль через образование ферментов, синтезирующих небелковые гормоны. Стероидные гормоны при этом не накапливаются в клетке.

### **2. Секреция гормонов:**

– экзоцитоз секреторных гранул, который стимулируется ионами  $Ca^{2+}$ ;

– свободная диффузия гормонов, растворимых в липидах мембраны;

– освобождение гормона из белоксвязанной формы.

### **3. Транспорт гормонов кровью:**

– в свободной несвязанной форме;

– в связи со специфическими глобулинами, что позволяет создать запас гормона и защитить его от инактивации;

– в связи с неспецифическими альбуминами и форменными элементами крови.

**4. Физиологические эффекты гормонов:** точкой приложения действия гормонов являются ферменты. Влияние гормонов на скорость ферментативных реакций может быть реализовано тремя способами:

– изменением активности ферментов путем ингибирования и активирования;

– изменением количества ферментов путем индукции или репрессии их биосинтеза или путем изменения скорости их распада, что обусловлено рядом свойств гормонов:

а) способностью некоторых стероидных гормонов высвобождать ДНК из связи с гистонами и тем самым переводить гены из неактивной формы в активную;

б) способностью стероидов усиливать транскрипцию (биосинтез РНК) за счет повышения активности РНК-полимераз;

в) способностью гормонов стероидной природы активировать процесс трансляции (биосинтез белков – ферментов);

– влиянием на проницаемость мембран клеток и клеточных органелл.

### **5. Механизмы действия гормонов.**

Клетки- (ткани-, органы-) мишени, избирательно реагирующие на гормоны, имеют циторцепторы – приемники и преобразователи гормонального сигнала. Циторцепторы расположены на клеточной мембране или в ядре. Максимальный эффект гормона достигается при его концентрации, обеспечивающей занятость всего 5–10% общего числа рецепторов. Изменение числа рецепторов является способом регуляции гормонального ответа.

Различают три варианта действия гормонов на мишени:

– мембранный;

– мембранно-внутриклеточный (косвенный, мембранно-цитозольный);

– цитозольный (прямой).

*1. Мембранный тип действия гормонов* заключается в том, что гормон в месте связывания с клеточной мембраной изменяет ее проницаемость для глюкозы, аминокислот, некоторых ионов. Проникая в клетку, глюкоза и аминокислоты оказывают влияние на направленность биохимических процессов, а изменение распределения ионов по обе стороны мембраны влияет на электрический потенциал и функцию клеток. Мембранным типом действия обладает, например, инсулин.

*2. Мембранно-внутриклеточный механизм регуляции обмена веществ* характерен для гормонов, которые не проникают в клетку, так как имеют либо белковую, либо пептидную природу. Такие гормоны соединяются с рецептором на клеточной мембране и вызывают внутриклеточные эффекты через вторые посредники. Комплекс «гормон + рецептор» активирует G-белок мембраны. Име-

ется несколько видов G-белков, которые влияют на ферменты, образующие различные вторичные посредники (цАМФ, инозитолтрифосфат, диацилглицерол,  $\text{Ca}^{2+}$ , цГМФ), причем G-белки могут как активировать, так и ингибировать образование вторичных посредников.

*Циклический АМФ (цАМФ)* является наиболее изученным гормональным посредником, действие гормона может активировать или тормозить его образование.

*Например:* комплекс «гормон + рецептор» («Г + Р») активирует G-белок, который активирует аденилатциклазу и образование цАМФ (например, так действуют адреналин, глюкагон, кортиколиберин, соматолиберин, хориогонадотропин человека, паратгормон и др.). В свою очередь, цАМФ влияет на функции клетки через изменение активности протеинфосфокиназы-А, фосфорилирующей различные клеточные белки: мембранные (изменяется ее проницаемость), ферменты (изменяется метаболизм клетки), ядерные (изменяется транскрипция), рибосом (изменяется трансляция), микротрубочек (двигательные эффекты, изменение формы клетки) и др.

*Циклический ГМФ (цГМФ)* образуется, если комплекс «Г + Р» и G-белок активируют мембранную гуанилатциклазу (брадикинин, ацетилхолин через М-холинорецепторы в миокарде). Зависимая от цГМФ протеинкиназа G и фосфорилируемые ею белки изучены плохо, предполагается ее участие в угнетении фосфорилирования легких цепей миозина (расслабление гладких миоцитов сосудов), активации  $\text{K}^+$ -каналов в миокарде (снижение ЧСС), регуляции продукции цитокинов лимфоцитами.

*Роль  $\text{Ca}^{2+}$ , как посредника действия гормонов,* обусловлена его сильным влиянием при низких концентрациях на метаболизм и функции клетки. Гормоны могут увеличивать концентрацию  $\text{Ca}^{2+}$  в цитозоле как в результате открывания  $\text{Ca}^{2+}$ -каналов клеточной мембраны, так и выхода  $\text{Ca}^{2+}$  из гладкой ЭПС под действием инозитолтрифосфата. В клетке есть специальные белки, связывающие  $\text{Ca}^{2+}$  при низкой концентрации – кальмодулин, гуанилатциклаза, тропонин С и др. Присоединение  $\text{Ca}^{2+}$  к этим белкам изменяет их конфигурацию и свойства. Это приводит к изменению многочисленных функций клеток (метаболической, секреторной, сократительной, биоэлектрической и т.д.).

*3. Цитозольный механизм регуляции* присущ липорастворимым гормонам, легко проникающим через клеточные мембраны (стероидные и тироидные гормоны, а также витамин D).

В некоторых случаях гормон соединяется с ядерным рецептором (фактором транскрипции), который другим участком связан с ДНК. Активируются процессы транскрипции (образование мРНК) и трансляции (взаимодействие рРНК, тРНК и мРНК, индуцирующие синтез белков и дифференцировку клеток). Напр., глюкокортикоиды стимулируют гены, обеспечивающие синтез  $\beta_2$ -адренорецепторов, тиреоидные гормоны – гены  $\beta_1$  и  $\beta_2$ -адренорецепторов.

В других случаях регуляторы проникают внутрь клетки и взаимодействуют с цитозольными рецепторами. Образующийся комплекс регулирует количество ферментов в клетке, избирательно влияя на активность генов хромосом ядра.

При активации комплекса «Г + Р» происходит перестройка молекулы циторецептора. В активированной форме комплекс способен проникать через ядерную мембрану и взаимодействовать с хромосомами, связываясь с регуляторными белками хроматина или с ДНК. Комплекс регулирует или деление генов, или транскрипцию «своих» генов в неделящихся клетках и синтез специфических белков. В результате изменяются направленность биохимических процессов в тканях и функции организма в целом (рис. 14).

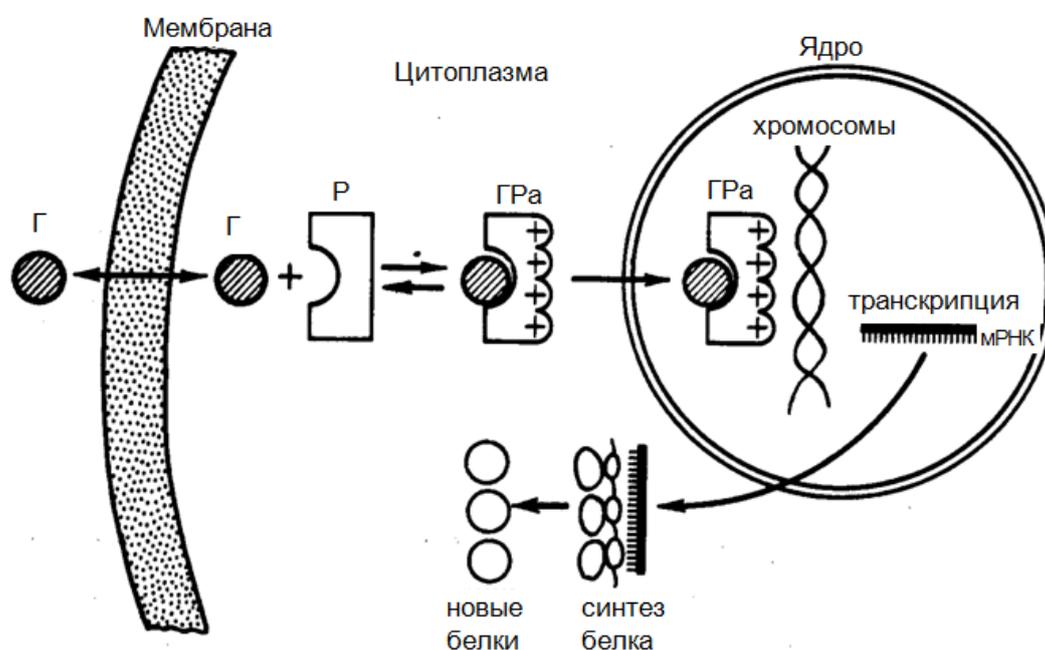


Рис. 14. Схема цитозольного механизма действия гормонов (Голиков А.Н., 1991): Г – гормон; Р – рецептор; ГРa – активированный гормон – рецепторный комплекс

## **6. Основные эффекты гормонов в целостном организме.**

– *Метаболический*: гормоны – основные регуляторы активности ферментов.

– *Кинетический*: сокращение гладких мышц, секреция в эндо- и экзокринных железах, изменение пигментации.

– *Морфогенетический*: половые гормоны, СТГ, тироксин влияют на процессы роста тела и формообразования, созревания гонад и половой дифференцировки, высвобождения гамет.

– *Нейрологический*: гормоны через циторецепторы нейронов и глии действуют на формирование процессов возбуждения и торможения, памяти, проницаемость гематоэнцефалического барьера.

## **7. Катаболизм и экскреция гормонов.**

*Катаболизм гормонов* – их необратимая ферментативная инактивация и превращение в растворимую форму. Происходит в разных органах, преимущественно в печени, почках, легких.

- *Белково-пептидные гормоны* разрушаются пептидазами печени, почек и других органов.

- *Стероидные гормоны* инактивируются преимущественно в микросомальной фракции. Продукты распада переходят в растворимую форму путем образования эфиров с глюкуроновой, серной кислотами.

- *Аминокислотные гормоны*: 1) катехоламины (адреналин, норадреналин) инактивируются в разных тканях путем дезаминирования (моноаминоксидаза) и метилирования (катехолметилтрансфераза); 2) тироидные гормоны – путем реакций деиодирования, дезаминирования остатков аланина, образования эфиров с глюкуроновой и серной кислотами.

*Экскреции гормонов из организма*: выделяются преимущественно (~ 90%) инактивированные гормоны и небольшое количество активных гормонов. По почечно-мочевому пути выделяются ~ 80% гормонов, по печеночно-кишечному пути ~ 20% гормонов.

В заключение следует отметить недостатки эндокринных механизмов регуляции. К ним, в частности, относятся:

- малая скорость перемещения материальных носителей информации (молекул гормона);

- низкая экономичность данного способа регуляции.

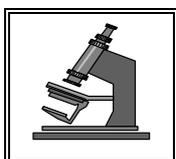
Недостаткам гормональной регуляции следует противопоставить ее организацию. Между эндокринными органами существуют определенные

функциональные взаимосвязи, которые можно определить как «межжелезистое управление». Раскрывая этот вопрос, важно отметить роль М.М. Завадовского, впервые сформулировавшего концепцию обратной связи, обеспечивающей саморегуляцию функции эндокринных желез, а также изложить основные положения данной концепции.

### **Вопросы для самоконтроля**



1. Какие основные механизмы влияния гормонов на клеточный метаболизм вы знаете?
2. Каковы преимущества и недостатки гормональной регуляции обменных процессов и функций в организме?



### **Классификация гормонов и их биологическая роль**

---

**Задание 7.** Вспомните из курса биохимии основные принципы классификации гормонов и органов, их вырабатывающих.

Необходимо подчеркнуть, что гормоны различных уровней иерархии образуются в разных органах. Эти органы можно упрощенно классифицировать следующим образом:

1. *Нервная ткань.* Нейроны секретируют нейромедиаторы и нейрогормоны.
2. *Гипоталамус* – отдел головного мозга.
3. *Гипофиз* – нижний придаток мозга, состоящий из аденогипофиза и нейрогипофиза.
4. *Периферические эндокринные железы:* щитовидная, паращитовидная, поджелудочная, надпочечники, половые (яичники, семенники), клетки, входящие в структуру ЖКТ.
5. *Органы-мишени* (иногда это место образования «посредника»).

Такая последовательность еще раз подчеркивает, что гормоны не являются автономными регуляторами, а их образование и поступление в кровь – звенья единой цепи процессов нейрогуморальной регуляции функций организма.

#### **Основные принципы классификации гормонов**

I. Гормоны являются специализированными метаболитами со стабильной структурой, однако их нельзя отнести к какому-либо одному классу химических соединений, так как они удивительно разнообразны по своему строению. В связи

с этим вещества, обладающие гормональной активностью, подразделяют на следующие группы: *белковые, пептидные, производные аминокислот и стероидные*.

II. По месту образования: различают гормоны гипофиза, поджелудочной железы и т.д.

III. По способу влияния на обменные процессы: выделяют группу так называемых *тропных гормонов*, главной отличительной особенностью которых является способность стимулировать секрецию гормонов различных эндокринных желез и опосредованно через них оказывать влияние на метаболизм.

IV. По механизму влияния на различные виды обмена.

В этой связи по влиянию на белковый обмен различают:

- *анаболические гормоны*, т.е. стимулирующие синтез белка (анаболизм);
- *катаболические гормоны*, т.е. стимулирующие распад белка (катаболизм).

По влиянию на углеводный обмен различают:

- *диабетогенные гормоны*, т.е. способствующие повышению содержания глюкозы в крови, что является одним из главных признаков сахарного диабета;
- *антидиабетические гормоны*, т.е. вызывающие понижение уровня глюкозы в крови, что препятствует развитию сахарного диабета.

По влиянию на жировой обмен различают:

- *липолитические гормоны*, т.е. стимулирующие распад липидов (липолиз);
- *липогенетические гормоны*, т.е. стимулирующие биосинтез жира (липогенез).

Гормоны, регулирующие *водно-солевой обмен*.

**Задание 8.** Изучите биологическое действие гормонов, пользуясь следующей логической схемой:

- место образования гормона;
- орган-мишень данного гормона;
- механизм действия гормона;
- его физиологические эффекты.

Изучение вопроса о биологической роли гормонов следует начать с характеристики гормонов гипоталамуса и гипофиза.

## Гипоталамус

1. Выделите значение гипоталамуса в регуляции функционирования гипофиза. В этой связи отметьте два момента:

- а) регуляция аденогипофиза;
- б) связь с нейрогипофизом.

2. Выделите эффекторы, оказывающие стимулирующее (либерины) и подавляющее (статины) действие.

## Гипофиз

Отметьте, что эффекты, вызываемые гипофизарными гормонами, можно разделить на четыре группы:

1. Регуляция биосинтеза и секреции гормонов периферическими железами.
2. Влияние на образование половых клеток.
3. Регуляция функции и метаболизма исполнительных органов и тканей.
4. Регуляция функций нервной системы.

Характеризуя гормоны гипофиза, особое внимание следует обратить на кортикотропин (адренкортикотропный гормон, АКТГ), стимуляция выработки которого в организме протекает двумя путями, что можно продемонстрировать с помощью рис. 15.

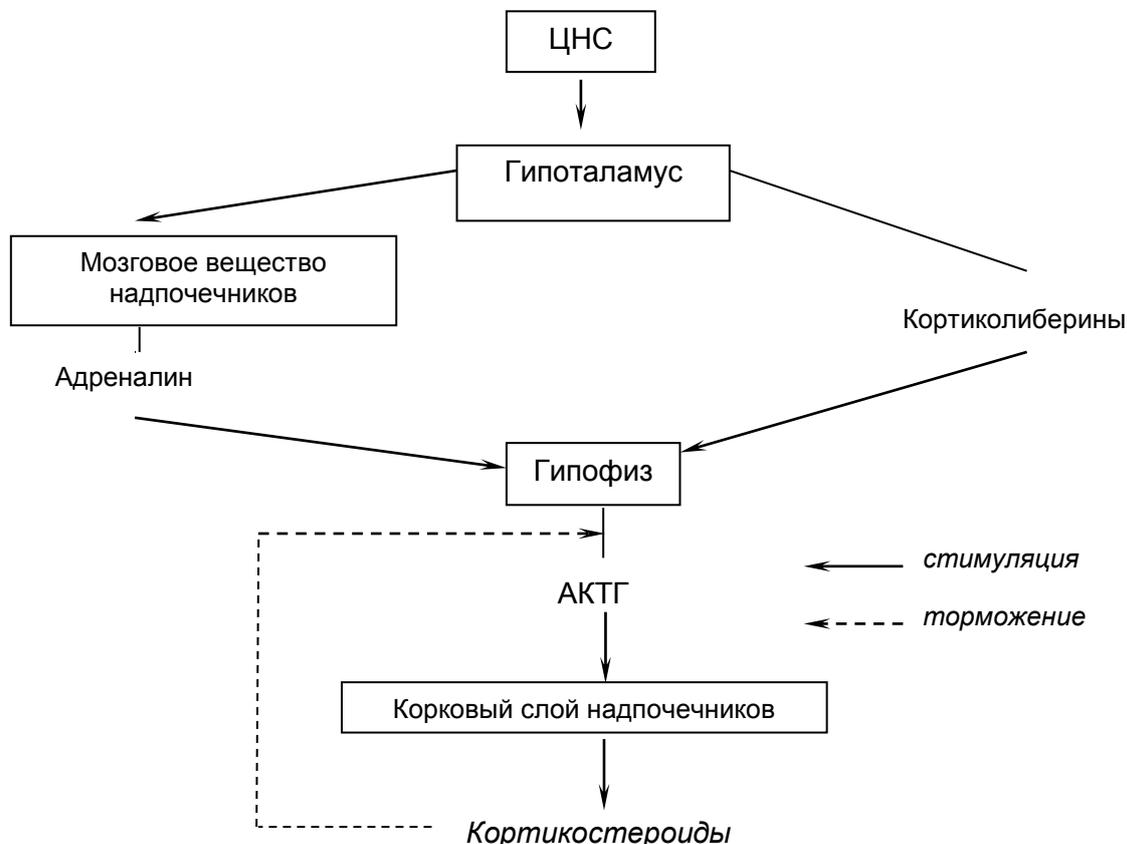


Рис. 15

Из числа гормонов, относящихся к третьей группе, особо следует выделить соматотропин (гормон роста, соматотропный гормон, СТГ), который является единственным гормоном, имеющим видовую специфичность биологического эффекта и обладающим широким спектром действия.

### *Периферические эндокринные железы*

После рассмотрения биологической роли гормонов гипоталамуса и гипофиза остановитесь на характеристике *периферических эндокринных желез*, к которым относятся щитовидная, поджелудочная, надпочечники (мозговое вещество и корковый слой) и половые железы. Сведения о их строении, секреции и функциях гормонов, которые они продуцируют со всей полнотой, излагаются в учебниках по физиологии человека и животных и биохимии.

При их изучении обратите внимание на то, что:

1) гормоны щитовидной железы проникают в клетки органов-мишеней и регулируют экспрессию генов;

2) гормоны мозгового вещества надпочечников не могут проникать в клетки органов-мишеней, а распознаются поверхностными рецепторами мембраны, которые затем передают в клетку сигнал к образованию внутриклеточного «посредника»;

3) стероидные гормоны коры надпочечников проникают в клетки органов-мишеней и соединяются там со специфическими рецепторами. Комплекс гормон-рецептор переходит из цитоплазмы в ядро и регулирует там экспрессию генов.

Выделяя функции половых гормонов, подчеркните, что они обладают двойственным эффектом. Во-первых, отметьте стимуляцию образования половых клеток, а в женском организме регуляцию всех процессов, связанных с воспроизведением потомства. Во-вторых, индуцирование появления вторичных половых признаков, причем не только морфологические особенности, но и психические различия между полами. Таким образом, гормоны «вмешиваются» в функционирование ЦНС.

**Задание 9.** На основе изученного материала заполните таблицу 19.

Таблица 19

#### **Биологическая роль гормонов**

Гормон и его краткое обозначение	Место выработки гормона	Органы-мишени	Механизм действия	Физиологические эффекты

### Вопросы для самопроверки



1. Каким образом осуществляется взаимосвязь между отдельными органами гормональной системы?
2. Какие основные пути регуляции адено- и нейрогипофиза вы знаете?
3. Какие основные гормоны, стимулирующие рост и поддержание тканевых структур, вы знаете?
4. В чем заключается двойственность действия половых гормонов?
5. Перечислите основные релизинг-факторы, каким действием они обладают?
6. Какие из гормонов аденогипофиза участвуют в регуляции биосинтеза стероидных гормонов?
7. Объясните, чем обусловлен тот факт, что воздействие лютеотропина на оба пола одинаково, а последствия различны.



### Гормоны местного действия или тканевая гормональная регуляция

---

**Задание 10.** Пользуясь нижеприведенной схемой, изучите особенности тканевой гормональной регуляции.

В этом вопросе следует подчеркнуть, что сфера влияния гормонов местного действия более узкая и обеспечивается одним органом или небольшой частью тела. Эти гормоны не обязательно транспортируются на большие расстояния, их путь может быть очень коротким – лишь до соседней клетки. Гормоны местного действия образуются либо специализированными клетками, рассеянными в ткани, либо самими паренхиматозными клетками органа. Между истинными гормонами и гормонами местного действия нет резкой границы и нет принципиальной разницы: и те, и другие выполняют роль дистантных химических сигналов, координирующих функции или соседних клеток, или отдаленных друг от друга органов.

Так, например, либерины и статины гипоталамуса, по существу, можно отнести к гормонам местного действия, поскольку они регулируют только функцию близкорасположенного гипофиза.

Гормонами местного действия являются *гистамин, серотонин, простагландины, кинины, гормоны пищеварительного тракта.*

**Серотонин.** Рассматривая действие серотонина, можно отметить, что примерно 90% его у здорового человека содержится в энтерохромаффинных клетках кишечника. Остальная часть находится в тучных клетках кожи, селезенке, печени, почках, легких, тромбоцитах крови и в центральной нервной системе. Серотонин играет роль медиатора в нервной системе и местного регулятора функций периферических органов и тканей. Он образуется из незаменимой аминокислоты триптофана и является промежуточным продуктом для синтеза мелатонина (гормона эпифиза).

Характеризуя серотонин, следует отметить его влияние на гладкую мускулатуру желудочно-кишечного тракта; на сердечно-сосудистую систему – прямое и рефлекторное действие; на скелетную мускулатуру и кожные покровы.

**Гистамин.** Физиологическая активность гистамина разнообразна:

- расширение артериол и капилляров (покраснение кожи),
- повышение проницаемости капилляров (жидкость из крови попадает в межклеточную среду),
- понижение кровяного давления,
- повышение внутричерепного давления (головная боль),
- сокращение гладких мышц легких (приступ удушья),
- стимуляция секреции желудочного сока и слюны.

Гистамин участвует в развитии воспалительной реакции. Он освобождается в межклеточную среду и попадает в кровь из тучных клеток соединительной ткани при разнообразных воздействиях. Образование комплекса антиген–антитело на поверхности клеток также стимулирует освобождение гистамина и развитие аллергических реакций.

**Кинины** – это группа гормонов-пептидов, сходных как по структуре, так и по биологическим свойствам. Основными кининами является *брадикинин* (содержится в плазме). Брадикинин синтезируется в печени, а активируется в плазме крови. Время полужизни кининов 20–30 секунд, затем они расщепляются *кининазами* (пептидазы крови и тканей).

Кинины расслабляют гладкие мышцы кровеносных сосудов. Брадикинин, самое сильное сосудорасширяющее вещество в организме, снижает кровяное давление. Кинины повышают проницаемость капилляров и вызывают боль. Это наблюдается при воспалительной реакции. Следовательно, кинины, наряду с гистамином и простагландинами, участвуют в развитии воспалительного процесса. Известно, что воспаление – это естественная реакция на повреждение тканей и

ее можно считать начальным этапом заживления. Однако, если нарушена регуляция синтеза и распада гистамина, простагландинов и кининов, тогда концентрация их в тканях и крови повышается и воспалительный процесс становится патологическим (панкреатит, ревматизм, аллергические реакции, ожоговая болезнь, бронхиальная астма, инфекционные болезни и т.д.).

**Простагландины.** В настоящее время известно, что простагландины образуются во всех клетках организма человека, за исключением эритроцитов. Синтезируются они из арахидоновой кислоты (полиненасыщенная жирная кислота).

Следующей особенностью, которую необходимо подчеркнуть, является высокая активность простагландинов: они используют любую возможность, чтобы вступить в химическую реакцию. Разнообразие эффектов и выраженную регуляторную способность этих соединений связывают с их влиянием на обмен веществ через внутриклеточные посредники: цАМФ, цГМФ и ионы  $Ca^{2+}$ . Здесь же следует отметить, что эффект простагландинов зависит от места действия. В частности, повышая уровень цАМФ в эндокринных железах, простагландины стимулируют синтез и секрецию гормонов. Однако в жировой ткани они снижают концентрацию цАМФ и тормозят липолиз подобно инсулину, т.е. выступают как антагонисты липолитических гормонов (адреналин, глюкагон и др.).

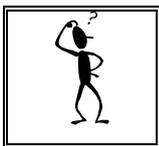
При изучении биологической роли простагландинов важно учесть, что разные типы этих соединений оказывают противоположный эффект. Более того, простагландины одного типа, но разных серий обладают также противоположным действием.

**Эндогенные опиаты** выделены в 70-е годы нашего столетия. *Энкефалины и эндорфины* сходны по своему действию с опиатами. Энкефалины функционируют в мозге в качестве нейромедиаторов, они оказывают обезболивающее действие, участвуют в формировании состояния эйфории, ответственны за отклонения в поведении (при шизофрении).

### **Вопросы для самоконтроля**



1. Какие тканевые гормональные регуляторы вы знаете?
2. Какова физиологическая функция ренина, холецистокинина, серотонина?
3. Какова краткая характеристика биологически активных соединений – простагландинов?



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Что произойдет с животным, если у него в молодом возрасте удалить гипофиз?
2. Изменится ли артериальное давление и функции почек у животного при отделении гипофиза от основания мозга?
3. После удаления какой железы внутренней секреции у подопытного животного будут наблюдаться следующие физиологические расстройства:  
а) снижение температуры тела, вялость, сонливость; б) задержка роста; в) мочеизнурение. Недостатком каких гормонов в организме будут вызваны эти расстройства? Какие еще нарушения жизненно важных функций могут возникнуть?
4. Собаке ввели большое количество физиологического раствора. Повлияет ли это на деятельность гипофиза?
5. Нарисуйте схему, отражающую участие гормонов мозгового слоя надпочечников в управлении функциями внутренних органов.

## ГЛАВА 8. ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

В организме позвоночных животных встречаются три типа мышечных тканей, отличающихся по своему гистологическому строению и функциональным свойствам. Это поперечно-полосатые, или скелетные мышцы, гладкие мышцы и сердечная мышца. Поперечно-полосатые мышцы образованы длинными (до нескольких сантиметров) волокнами, которые объединены соединительной тканью в пучки, окруженные соединительно-тканной оболочкой. Гладкие мышцы построены из волокон однородной структуры, которые располагаются слоями или могут быть собраны в компактную массу.

Главным функциональным свойством мышечной ткани является **возбудимость**, т.е. способность переходить в состояние возбуждения при действии тех или иных раздражителей. С возбудимостью тесно связано другое специфическое свойство мышцы – **сократимость**, т.е. способность изменять свою форму и развивать напряжение. Эти свойства присущи всем типам мышечной ткани. Однако мышцы различаются по количественным и качественным характеристикам ответных реакций, в особенности сократительного акта.

Так, у гладких мышц (по сравнению с поперечно-полосатыми) отмечаются более высокий порог раздражения, более длинный латентный период, растянутость сократительного акта, способность к длительному поддержанию напряжения, т.е. к тоническому сокращению при низком уровне энергетических затрат. Гладкие мышцы способны к автоматической ритмической деятельности: к периодическим сокращениям без внешних раздражений, даже в условиях полной изоляции органа.

Напротив, сокращения скелетной мускулатуры позвоночных рефлекторны по своей природе. В нормальных условиях они возникают лишь под влиянием импульсов, поступающих из центральной нервной системы.

Изменения во внешней или внутренней среде являются раздражителями для различных рецепторов. Возникающее в них возбуждение распространяется по афферентным волокнам до различных отделов центральной нервной системы, где переходит с афферентного нейрона через ряд вставочных нейронов на эфферентное нервное волокно.

Нервные волокна, подобно мышечным волокнам, обладают возбудимостью. Степень возбудимости различных нервных волокон неодинакова, однако

всегда значительно выше, чем мышечных. С высокой возбудимостью тесно связана другая специфическая функция нервов – **проводимость**, т.е. способность нервов к распространению возбуждения от рецепторов к центрам и от них к эффекторам. Скорость проведения импульсов в различных нервах широко варьирует и зависит от многих факторов (вида животного, специфики нерва, его функционального состояния и т.п.). Так, в немиелинизированных волокнах нервные импульсы распространяются непрерывно и с меньшей скоростью, чем в миелинизированных волокнах такого же диаметра.

В нервах, покрытых миелиновой оболочкой, прерываемой через регулярные промежутки перехватами Ранвье (черепно- и спинномозговые нервы), нервный импульс распространяется быстрее – скачками, от одного перехвата Ранвье до другого. Скорость распространения нервных импульсов зависит от диаметра волокна. В миелинизированных волокнах скорость пропорциональна диаметру волокна, в немиелинизированных – диаметру волокна в степени  $\frac{1}{2}$ .

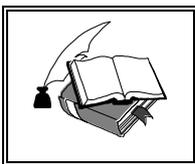
В нормальных условиях возбуждение в нерве возникает не при непосредственном его раздражении, а в силу распространения по нему возбуждения, идущего от рецепторов или клеток центральной нервной системы. Вместе с тем нервные волокна способны возбуждаться и при прямом действии тех или иных внешних агентов. Искусственное раздражение двигательного нерва вызывает сокращение связанной с ним мышцы. Таким образом, мышечное сокращение может служить очень чувствительным показателем деятельного состояния нерва. Кроме того, мышечное сокращение является внешним выражением процесса возбуждения мышцы. Поэтому функциональные свойства мышцы и нерва удобно изучать на одном объекте. Таким простым классическим объектом служит *нервно-мышечный препарат*, обычно икроножная мышца лягушки с подходящим к ней нервом.

**1**

**Биоэлектрические явления. Механизмы процесса возбуждения и основные закономерности раздражения возбудимых тканей**

занятие

**Цель занятия:** изучить причины и условия возникновения процесса возбуждения и особенности его проявления.



## САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

---

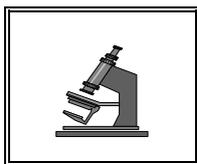
### ***Необходимый исходный уровень знаний***

1. Процесс возбуждения как основа специфической деятельности ткани. Понятие возбуждения.
2. Мембранный потенциал. Внутриклеточные и внеклеточные ионы и их значение в формировании мембранного потенциала.
3. Потенциал покоя и механизмы его происхождения.
4. Потенциал действия, его фазы и механизмы происхождения. Следовые потенциалы, их ионные механизмы.
5. Изменение возбудимости в процессе развития волны возбуждения. Рефрактерность, ее причины.
6. Законы раздражения возбудимых тканей: закон силы раздражителя, закон длительности действия раздражителя, закон градиента нарастания силы раздражителя.
7. Парабиоз как обратимые фазные изменения возбудимости, проводимости и лабильности тканей.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Дать понятия: возбудимые ткани, раздражимость, возбудимость, проводимость, лабильность, возбуждение, мембранный потенциал, потенциал покоя, потенциал действия, локальный ответ, деполяризация, критический уровень деполяризации, овершут, реполяризация, гиперполяризация, следовая деполяризация, следовая гиперполяризация, рефрактерность, оптимум силы (частоты) раздражения, пессимум силы (частоты) раздражения, аккомодация, реобаза, полезное время, хронаксия, парабиоз.

**Задание 2.** Познакомиться с биологическими методами демонстрации биоэлектрических явлений в возбудимых тканях (Работа № 1).

**Задание 3.** Изучить основные закономерности раздражения возбудимых тканей (Работы № 2, 3, 4, 5).

**Задание 4.** Изучить закономерности развития парабиоза (Работа № 6).

## **Оборудование, необходимое на занятии**

Видеофильм «Общие свойства возбудимых тканей», виртуальный практикум «Возбудимые ткани».

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### **Работа № 1. Биоэлектрические явления в возбудимых тканях**

Биоэлектрические явления в возбудимых тканях могут быть обнаружены как биологическими, так и инструментальными методами. Хотя биологический метод в настоящее время утратил свое значение как метод исследования, для физиолога он всегда будет представлять интерес благодаря той исключительной роли, какую он сыграл в истории открытия биоэлектрических явлений. Именно биологический метод позволил Л. Гальвани (L. Galvani, 1737–1798) впервые бесспорно доказать существование «животного электричества» и тем самым положить начало новому направлению в физиологии – учению об электрических процессах в организме.

Луиджи Гальвани в 1786 г. при изучении влияния атмосферного электричества на живой организм размещал на железной решетке балкона задние лапки лягушки, закрепленные на медных крючках. При соприкосновении лапок с железной решеткой балкона наблюдалось сокращение мышц. На основании этих наблюдений Л. Гальвани высказал мысль, что подергивания лапок наступают под влиянием «животного электричества», которое возникает в спинном мозге, проводится по металлу и при замыкании цепи раздражает мышцы. В настоящее время опыт, в котором сокращение мышцы возникает при прикосновении к ней или к иннервирующему ее нерву пинцетом, состоящим из двух разнородных металлов, получил название первого опыта Л. Гальвани.

Физик А. Вольта в 1792 г. повторил опыт Л. Гальвани, но пришел к выводу, что причиной раздражения мышц было не «животное электричество», возникающее в спинном мозге, а ток, возникающий в цепи из разнородных металлов – меди и железа.

Несмотря на то что в трактовке конкретных механизмов возникновения тока в цепи, имевших место в первом опыте Гальвани, прав оказался Вольта, Гальвани все-таки сумел доказать справедливость содержания своей гипотезы. Поставленный им в 1794 г. второй опыт без металлов показал, что «животное электричество существует». Позднее К. Маттеуччи (K. Matteucci, 1811–1868) представил другие доказательства наличия биопотенциалов в эксперименте, получившем название опыта вторичного сокращения или опыта К. Маттеуччи.

### **Опыт 1. Воспроизведение первого опыта Л. Гальвани (с металлом)**

Суть первого опыта Л. Гальвани состоит в том, что при соприкосновении нервно-мышечного препарата с биметаллическим пинцетом наблюдается сокращение мышцы (рис. 16).

**Объект исследования:** лягушка.

**Оборудование:** биметаллический пинцет, состоящий из медной и железной браншей, препаровальный набор, пипетка, раствор Рингера, вата.

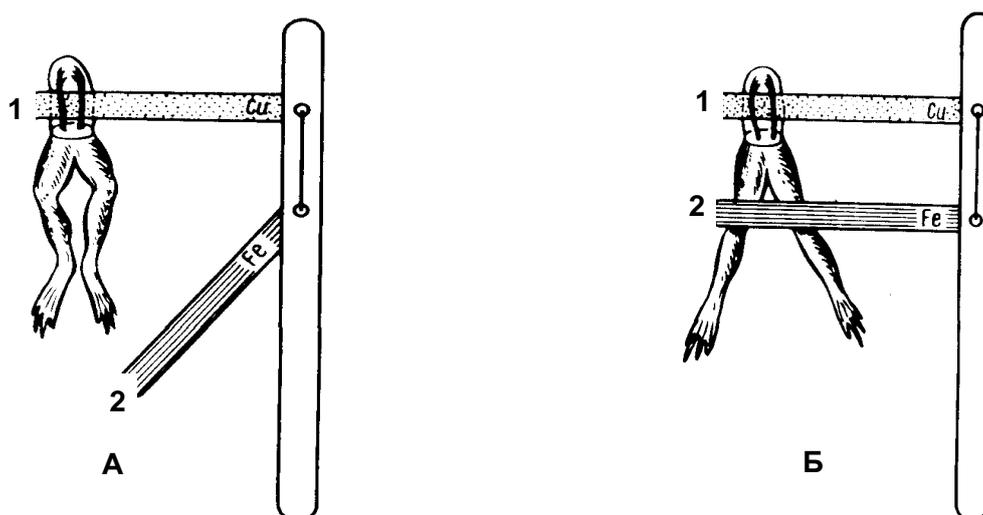


Рис. 16. Первый опыт Л. Гальвани с биметаллическим пинцетом  
(Агаджанян Н.А. и др., 1996):

А – одна бранша (1) контактирует с объектом в области крестцового нервного сплетения, вторая бранша – не контактирует; Б – сокращение мышц конечностей при замыкании цепи (обе бранши контактируют)

**Ход работы:** 1. Приготовьте нервно-мышечный препарат двух задних лапок лягушки, не отделяя их друг от друга.

2. Подведите одну браншу биметаллического пинцета под корешки крестцового отдела спинного мозга лягушки, стараясь при этом не касаться препарата другой браншей. Прикасаясь второй браншей к мышцам бедра лягушки, отметьте состояние нервно-мышечного препарата. Наблюдайте изменения состояния нервно-мышечного препарата, увеличивая и уменьшая частоту соприкосновений.

3. При подсыхании препарата сокращения мышцы могут исчезнуть, поэтому в течение опыта следует обильно орошать препарат раствором Рингера.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** запишите в протокол наблюдаемые в видеосюжете явления и зарисуйте схему опыта.

**Вывод и обсуждение результатов работы:** укажите причину, вызвавшую сокращение мышцы.

## **Опыт 2. Демонстрация второго опыта Л. Гальвани (сокращение без металла)**

Этот опыт Л. Гальвани состоял в том, что сокращение мышц лапки лягушки воспроизводили без участия металла путем набрасывания отпрепарированного седалищного нерва на поврежденный участок мышцы голени. Разность потенциалов между наружной поверхностью мышцы и ее внутренней частью, существующая в покое, проявляется в случаях, когда мышца повреждена. Потенциал, возникающий между неповрежденными и поврежденными участками, получил название **потенциала повреждения** или **демаркационного потенциала**. Когда набрасываемый нерв попадает на поврежденный электроотрицательный участок мышцы, происходит замыкание цепи, в которой роль положительного полюса играют неповрежденная поверхность мышцы и участок соприкасающегося с ней нерва. Таким образом, во втором опыте Гальвани причиной возбуждения нерва является раздражающее действие тока, возникающего непосредственно в тканях.

**Оборудование:** нервно-мышечный препарат лягушки, набор хирургических инструментов, стеклянный крючок, раствор Рингера.

**Ход работы:** 1. Повредите часть мышцы нервно-мышечного препарата, прилегающую к коленному суставу.

2. На поврежденный участок мышцы стеклянными крючками набросьте нерв так, чтобы его средняя часть касалась неповрежденной поверхности мышцы (рис. 17, А), наблюдайте ее сокращение.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** запишите в протокол наблюдаемые в видеосюжете явления и зарисуйте схему опыта.

**Вывод и обсуждение результатов работы:** укажите причину, вызвавшую сокращение мышцы.

## **Опыт 3. Демонстрация вторичного тетануса (опыт Матеуччи)**

В 1840 г. К. Матеуччи показал, что можно вызвать сокращение мышц нервно-мышечного препарата, прикладывая нерв к сокращающимся мышцам другого препарата. Этот опыт свидетельствует о том, что в сокращающейся (действующей) мышце возникают токи, причем настолько значительные, что их можно использовать в качестве раздражителя для нерва другого препарата. Эти токи получили название *токов действия*.

**Оборудование:** электростимулятор с электродами, держатель, препаровальный набор, раствор Рингера.

**Ход работы:** 1. Приготовьте два препарата задних лапок лягушки. Мышцы бедра удалите.

2. Нерв одного препарата поместите на электроды, нерв другого – расположите вдоль икроножной мышцы первого (рис. 17 Б). Вызывая ритмическими раздражениями нерва сокращения мышц первого препарата, наблюдайте за сокращениями мышц второго.

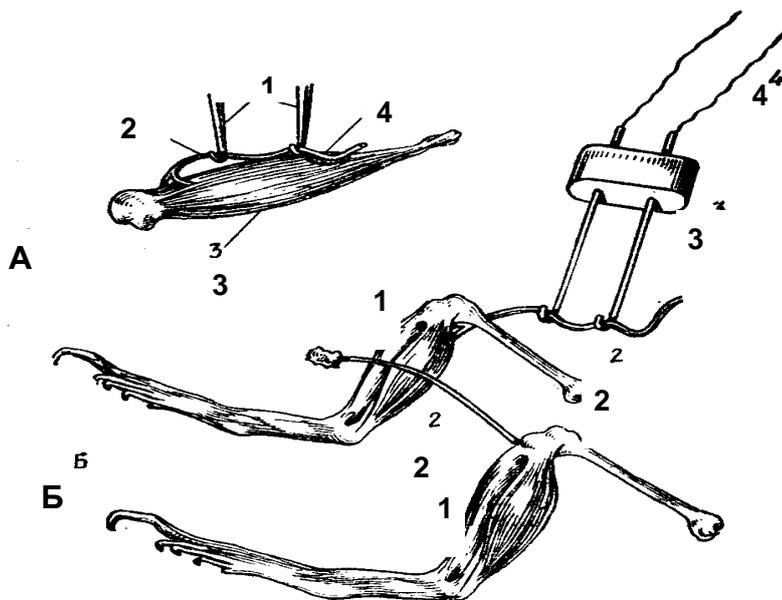


Рис. 17. Опыты, демонстрирующие биоэлектрические явления в живых тканях (Битюков И.П., 1990):

- А – второй опыт Л. Гальвани: 1 – стеклянные крючки; 2 – седалищный нерв; 3 – икроножная мышца; 4 – надрезанный участок мышцы;
- Б – Опыт К. Маттеуччи: 1 – нервно-мышечные препараты лапок лягушки; 2 – седалищные нервы; 3 – раздражающие электроды; 4 – провода от электростимулятора

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** запишите в протокол наблюдаемые в видеосюжете явления и зарисуйте схему опыта.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите причину возбуждения нерва второго нервно-мышечного препарата.

## **Работа № 2. Исследование зависимости амплитуды сокращения изолированной мышцы от силы раздражения**

Сила раздражения, необходимая для приведения ткани в состояние возбуждения, может служить одним из показателей, характеризующих функциональное состояние объекта.

Скелетная мышца состоит из большого количества отдельных мышечных волокон, обладающих различной возбудимостью, поэтому минимальные по силе

раздражители приводят к возбуждению и сокращению только те мышечные волокна, которые характеризуются самым низким порогом, т.е. самой высокой возбудимостью. По мере увеличения амплитуды раздражающего тока в сократительный процесс вовлекаются мышечные волокна с меньшей возбудимостью. В конечном итоге при максимальном раздражении происходит сокращение всех мышечных волокон, входящих в состав данной мышцы. Дальнейшее увеличение силы стимула не приводит к увеличению амплитуды сокращения.

Наименьшая сила раздражения, которая вызывает эффект, называется *пороговой*. Раздражение, сила которого меньше пороговой, т.е. не вызывает внешнего эффекта, называется *допороговым*. Различные ткани имеют неодинаковый порог раздражения, иными словами, их возбудимость различна. Величина порога раздражения изменяется под влиянием разных факторов, и характер его изменения является показателем изменения возбудимости объекта.

Сила раздражения, по своей интенсивности превышающая пороговую, называется *сверхпороговой*.

Наименьшая сила раздражения, вызывающая наибольший эффект, называется *максимальной*.

Раздражения, интенсивность которых меньше максимального, носят название *субмаксимальных*.

Раздражение называется *супермаксимальным* или *сверхмаксимальным*, если его интенсивность превышает силу максимального раздражения. При постепенном увеличении силы супермаксимального раздражения реакция мышцы сначала остается такой же большой, как и при максимальном раздражении (максимальный эффект), а затем начинает уменьшаться.

Сверхмаксимальные силы раздражения, вызывающие наилучший эффект, называются *оптимальными*.

Сверхмаксимальные силы раздражения, вызывающие уменьшение эффекта, называются *пессимальными*. Действие пессимальных сил связано с развитием торможения, возникающего вследствие стойкой и длительной деполяризации.

**Объект исследования:** лягушка.

**Оборудование:** электростимулятор с электродами, миограф, кимограф, набор инструментов для препарирования, штатив с зажимом, раствор Рингера, препаровальный набор.

**Ход работы:** 1. Включите в сеть стимулятор и поставьте нужные параметры раздражения: вид запуска «внешний» (разовый), частота 1 имп/с, длительность 1 мс, амплитуда 0. Схема установки дана на рис. 18.

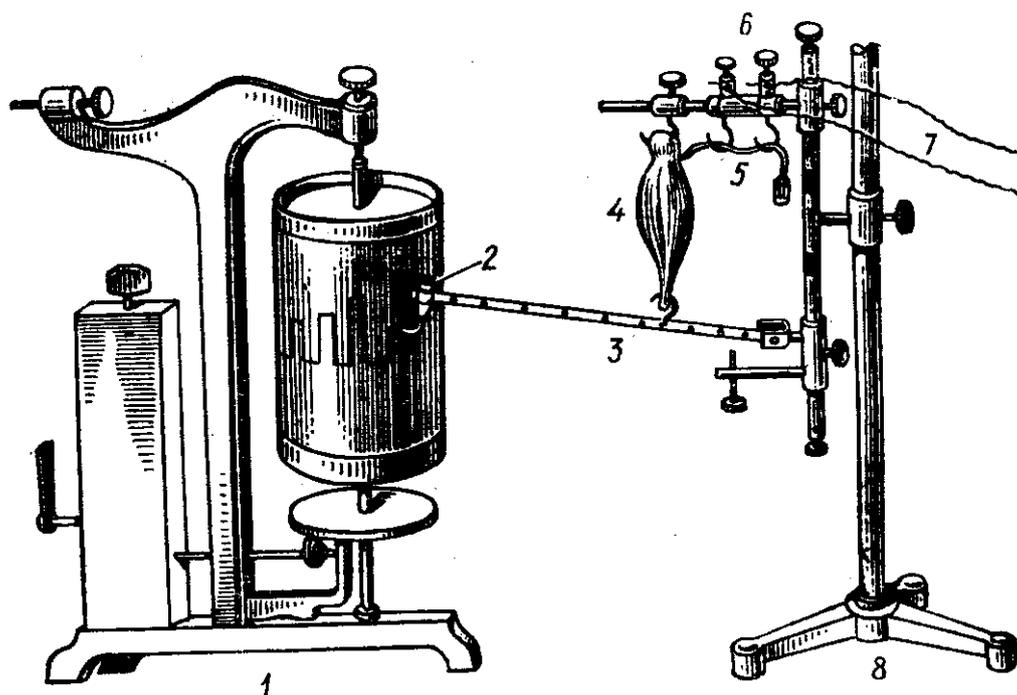


Рис. 18. Установка для изучения зависимости эффекта сокращения от силы раздражения (Битюков И.П., 1990):

1 – кимограф; 2 – записывающее устройство (писчик); 3 – подвижной рычаг миографа; 4 – икроножная мышца; 5 – седалищный нерв; 6 – раздражающие электроды; 7 – провода от электростимулятора; 8 – штатив

2. Приготовьте нервно-мышечный препарат и закрепите его в штативе так, как показано на рис. 18. Бедренную кость препарата укрепите зажимом, нерв положите на электроды. При помощи нитки соедините ахиллово сухожилие с миографом. Не забывайте смачивать препарат раствором Рингера.

3. Поставьте ручку переключателя шкалы «амплитуда» на минимальную силу раздражения и пошлите ток к объекту, нажимая кнопку разового запуска.

4. Найдите минимальную силу раздражения, вызывающую первое слабое сокращение мышцы (рис. 18, 1). Это пороговая сила раздражения.

5. Увеличьте силу раздражения, передвинув переключатель по шкале «амплитуда» на одно деление, запишите на кимографе ответную реакцию мышцы на это раздражение. После каждой записи барабан кимографа передвигайте рукой на примерно одинаковое расстояние. Несколько раз увеличивайте интен-

сивность раздражения и записывайте ответную реакцию мышцы. Вы получите запись, сходную с обозначенной цифрами 2–6 на рис. 19. Так вы зарегистрируете несколько сверхпороговых (они же субмаксимальные) эффектов мышцы.

6. Продолжайте увеличивать интенсивность раздражения и каждый раз записывайте на кимографе ответную реакцию мышцы на это раздражение. Заметьте, что по достижении определенной интенсивности раздражения ответная реакция мышцы с увеличением силы раздражения перестает возрастать. Наименьшая сила раздражения, при которой вы зарегистрируете самое сильное сокращение мышцы, будет максимальной силой раздражения (рис. 19, 7). Продолжая увеличивать интенсивность раздражения, убедитесь, что ответная реакция сначала остается прежней (рис. 19, 7–12), а затем уменьшается (рис. 19, 13–16). Так вы зарегистрируете оптимальную и пессимальную реакцию мышцы на раздражение.



Рис. 19. Зависимость амплитуды сокращения икроножной мышцы лягушки от силы раздражения

**Рекомендации по оформлению результатов работы:** зарисуйте графическую зависимость амплитуды сокращения икроножной мышцы лягушки от силы раздражения.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** на основе данных опыта сформулируйте закон силы и объясните механизмы его реализации.

### Работа № 3. Наблюдение оптимума и пессимума частоты раздражения

Явления оптимума и пессимума возникают при применении раздражителей, разных по частоте (оптимум и пессимум частоты) и по силе (оптимум и пессимум силы). С помощью стимулятора можно получить оптимум и пессимум

частоты раздражения. Появление пессимального ответа, выражающегося в уменьшении ответной реакции при увеличении силы или частоты раздражения, связано с развитием пессимального торможения. По своему механизму оно относится к деполяризационному типу. Доказательством наличия торможения может быть тот факт, что при уменьшении интенсивности раздражения мышца снова отвечает оптимальным эффектом. Если бы уменьшение эффекта было связано с развитием утомления, то препарат не ответил бы на меньшую силу раздражения.

**Объект исследования:** лягушка.

**Оборудование:** электростимулятор с электродами, кимограф, миограф, препаровальный набор, штатив, раствор Рингера.

### ***Наблюдение оптимума и пессимума частоты раздражения***

В эксперименте можно зарегистрировать одиночные сокращения мышцы при нанесении одиночных раздражений. Стимулируя мышцу серией следующих друг за другом импульсов раздражающего тока, можно наблюдать основные закономерности суммации сокращений. При этом общая картина сокращения будет целиком зависеть от частоты раздражения и параметров отдельных раздражающих стимулов (амплитуды и длительности). Если каждый последующий стимул поступает на мышцу после полного ее расслабления, то наблюдаются типичные одиночные сокращения (рис. 20). Постепенное увеличение частоты раздражения приводит к тому, что стимулы приходят в конце, середине или начале фазы расслабления. При этом развивается зубчатый тетанус (рис. 20). В том случае, если частота стимулов еще выше и каждый из них поступает в фазу укорочения, развивается гладкий тетанус (рис. 20). Это длительное слитное сокращение мышцы является экспериментальной моделью сокращений, характерных для натуральных сократительных актов скелетной мышцы.

Экспериментально установлено, что существуют оптимальные частоты раздражения, при которых могут быть зарегистрированы максимальные ответные реакции исследуемой мышцы. Это явление было названо Н.Б. Введенским *оптимумом*. Дальнейшее увеличение частоты раздражения, сверх оптимальной, приводит к ослаблению сократительной способности скелетной мышцы, амплитуда сокращения уменьшается и наблюдается явление *пессимума*.

**Ход работы:** 1. Включите в сеть стимулятор. Поставьте нужные параметры раздражения: вид запуска «внутренний», частота 0,5 Гц, длительность

1 мс, амплитуда 10–15 В (в зависимости от состояния препарата амплитуда может быть и иная – при подключении объекта ее следует уточнить). Раздражение должно вызывать оптимальный ответ. Переключатель, посылающий стимул к объекту, должен быть в положении «выкл.».

2. Приготовьте нервно-мышечный препарат и закрепите его в штативе, как показано на рис. 20.

3. Пустите в ход кимограф. Пошлите стимул к объекту, переведя ручку переключателя амплитуды в положение «вкл.». Раздражайте мышцу одиночными стимулами с частотой 0,5 Гц, регистрируйте одиночные сокращения.

4. Постепенно увеличьте частоту раздражения и доведите ее до величины, когда каждый следующий импульс поступает на мышцу в фазу расслабления, регистрируйте зубчатый тетанус.

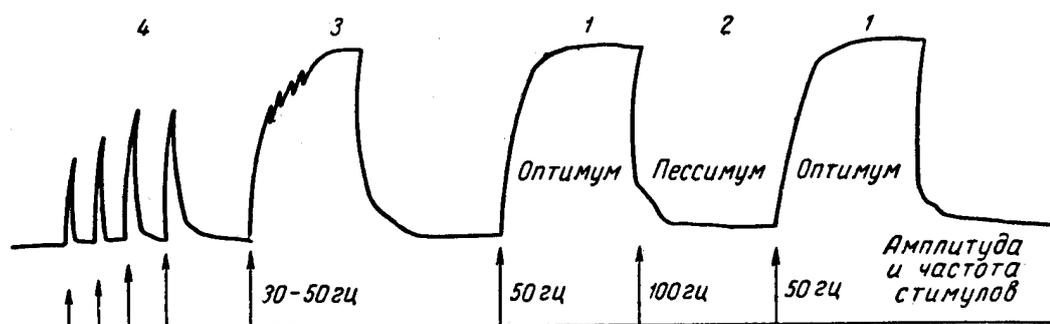


Рис. 20. Миограммы, записанные при различных по силе и частоте раздражениях двигательного нерва (Билибин Д.П., 1970):

- 1 – оптимум; 2 – пессимум; 3 – зубчатый тетанус;
- 4 – одиночные мышечные сокращения

5. Ручкой плавной регулировки увеличьте частоту стимуляции и запишите гладкий тетанус.

6. Продолжайте увеличивать частоту раздражения и регистрируйте оптимум, а затем пессимум мышечного сокращения.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления и зарисуйте кимограммы с указанием параметров раздражителя (частоты, амплитуды, длительности), отметьте оптимум и пессимум частоты раздражения.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** дайте определение оптима и пессима частоты раздражения, и объясните их механизмы.

#### **Работа № 4. Значения скорости нарастания интенсивности раздражения**

Ответная реакция на раздражение возникает при быстром изменении его интенсивности. Именно поэтому при действии электрического тока сокращение возникает в момент его включения и выключения. При медленном нарастании тока эффект отсутствует. Это объясняется явлением *аккомодации*, в основе которой лежит изменение величины мембранного потенциала и критического уровня деполяризации мембраны.

**Объект исследования:** лягушка.

**Оборудование:** прибор для раздражения постоянным током, неполяризующиеся электроды, препаровальный набор, раствор Рингера.

**Ход работы:** 1. Присоедините неполяризующиеся электроды к прибору для раздражения постоянным током. Приготовьте нервно-мышечный препарат. Положите нерв на электроды, а мышцу соедините с миографом.

2. Определите порог раздражения, после чего ручку делителя напряжения поставьте на подпороговое значение, при котором препарат не отвечает на раздражение. Замкните цепь и пошлите ток к объекту. Затем очень плавно и медленно увеличивайте интенсивность раздражения до величины, значительно превышающей пороговую. Так же медленно уменьшайте силу раздражения, постепенно возвращая ручку делителя напряжения к нулю. Мышца не сокращается.

3. Быстрым передвижением ручки потенциометра круто измените интенсивность раздражающего тока в сторону увеличения, а затем – в сторону уменьшения. Мышца сокращается.

**Рекомендации к оформлению работы:** опишите наблюдаемые в видеосюжете явления.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** объясните механизмы аккомодации.



#### **САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ**

##### **Контрольные вопросы**

1. Как отразится на величине мембранного потенциала искусственное увеличение концентрации ионов калия внутри клетки?

2. Как отразится на потенциале действия одиночной клетки искусственное повышение концентрации ионов натрия в окружающей клетку среде?

3. Как изменится величина потенциала покоя нейронов теплокровного животного при охлаждении?

4. Как изменяется проницаемость мембраны клетки возбудимых тканей для ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  при развитии потенциала действия?

5. Каковы механизмы формирования следовых потенциалов?

6. Как изменяется возбудимость в процессе формирования волны возбуждения, каков механизм фазовых изменений возбудимости?

7. Чем отличаются фазы абсолютной и относительной рефрактерности и фаза субнормальной возбудимости?

8. Что понимается под пессимальной и оптимальной частотой раздражения мышцы? Каковы механизмы развития оптимума и пессимума частоты раздражения?

### ***Контрольные задания***

1. Сформулируйте основные положения современного учения о биоэлектрических явлениях.

2. Дайте сравнительную характеристику местного и распространяющегося возбуждения.

3. Возбудимость нервных волокон выше, чем мышечных. Объясните причину данного явления.

4. Что произойдет с нервной клеткой, если ее обработать цианидами (соединения синильной кислоты парализуют деятельность дыхательных ферментов)?

5. Два человека случайно подверглись кратковременному действию переменного тока одинакового высокого напряжения, но разной частоты. В одном случае частота составляла 50 Гц, в другом – 500 000 Гц. Кто из людей пострадал в большей степени? Ответ поясните.

## ГЛАВА 9. ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Основными отделами центральной нервной системы (ЦНС) являются спинной и головной мозг. Головной мозг позвоночных животных состоит из трех отделов: конечного, среднего и ромбовидного мозга. В свою очередь конечный мозг подразделен на передний (большие полушария) и промежуточный мозг, а ромбовидный – на задний (мозжечок и варолиев мост) и продолговатый мозг. Отделы мозга, располагающиеся ниже больших полушарий, составляют ствол мозга.

Каждый из перечисленных выше отделов имеет свое функциональное значение. Все отделы соединены между собой сложной системой восходящих и нисходящих волокон.

Высшим отделом головного мозга является передний мозг, который осуществляет координацию деятельности ствольных образований и выполняет главную роль в формировании актов высшей нервной деятельности. У рыб передний мозг представлен единым образованием, у амфибий отмечается начальный этап его разделения, у рептилий и птиц он подразделен на два полушария; у млекопитающих полушария переднего мозга получают свое высшее развитие.

Наиболее важное образование больших полушарий – поверхностно расположенная кора, которая впервые появляется у рептилий и, сильно прогрессируя, становится ведущим отделом центральной нервной системы у млекопитающих.

В коре представлены центральные отделы внешних и внутренних сенсорных систем, которые связаны между собой нервными волокнами. Непосредственно под корой располагаются базальные ядра, которые вместе с корой принимают участие в тонкой регуляции произвольных двигательных актов и тонуса скелетной мускулатуры.

Эволюция переднего мозга шла двумя путями. У птиц высокого развития достигает полосатое тело (стриарный тип эволюции), у млекопитающих – кора больших полушарий (корковый тип эволюции).

Промежуточный и средний мозг – филогенетически более древние образования, чем большие полушария. В промежуточном мозге находятся зрительный бугор (таламус) – коллектор афферентных импульсов, поступающих в цен-

тральную нервную систему, и гипоталамус, важнейший орган регуляции вегетативной нервной системы, мотиваций и эмоций.

В составе среднего мозга выделяют красное ядро, которое обеспечивает регуляцию тонуса мускулатуры, и четверохолмие, с помощью которого осуществляются ориентировочные рефлексy на световые и звуковые раздражения.

Мозжечок хорошо развит у рыб, хуже у амфибий и рептилий. У птиц и млекопитающих он достигает высокой степени развития и выполняет разнообразные функции, в том числе тонкую регуляцию произвольных двигательных актов в связи с импульсацией от вестибулярного аппарата.

Продолговатый мозг обеспечивает на низшем уровне рефлекторную регуляцию кровообращения, дыхания, пищеварения, обменных процессов, а также деятельность всей мускулатуры лица, головы и реакции на импульсы со всех рецепторов кожи, слизистых оболочек, органов слуха и лабиринтов. Через продолговатый мозг проходят все проводящие пути, связывающие спинной мозг с головным.

Спинной мозг представляет собой низший отдел центральной нервной системы. Он находится в спинномозговом канале позвоночного столба и состоит из серого и белого вещества. Серое вещество находится в середине и представлено скоплениями тел нервных клеток, а белое вещество окружает его и состоит из проводящих путей – отростков нервных клеток.

Белое вещество подразделено на ряд отделов: передние, боковые и задние столбы. Передние столбы включают в основном нисходящие проводящие пути, по которым направляются эфферентные импульсы, задние столбы главным образом восходящие, чувствительные, а боковые столбы являются смешанными – по ним идут импульсы как в одном, так и в другом направлении.

Как и все вышележащие отделы центральной нервной системы, спинной мозг выполняет три главные функции: рефлекторную, проводниковую и координационную. Спинной мозг находится под постоянным контролирующим влиянием высших отделов центральной нервной системы, поэтому в норме рефлекторная деятельность спинного мозга всегда осуществляется под влиянием головного мозга.

Изучение ЦНС проводится комплексно, с использованием нескольких методических приемов. Важнейшие методы исследования следующие:

- 1) изучение условных и безусловных рефлексов животного;

- 2) разрушение или удаление различных отделов ЦНС хирургическим путем с последующим наблюдением за рефлекторной деятельностью животного;
- 3) раздражение изучаемого отдела ЦНС электрическим током или химическим веществом с оценкой воздействия по реакциям периферического органа;
- 4) исследование биотоков (потенциалов действия) различных участков мозга при разных условиях.

**1**

занятие

## Рефлекторный принцип деятельности нервной системы. Процессы возбуждения и торможения в ЦНС

**Цель занятия:** изучить особенности рефлекторной деятельности организма; особенности протекания процессов возбуждения и торможения в ЦНС.



### САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

#### *Необходимый исходный уровень знаний*

1. Общая характеристика рефлекторной деятельности нервной системы:
  - понятие рефлекса;
  - рефлекторная дуга (кольцо) как морфологическая основа рефлекса;
  - классификация рефлексов;
  - основные принципы рефлекторной деятельности (принцип детерминизма, анализа и синтеза, структурной целостности рефлекторной дуги).
2. Физиологическая характеристика нервных центров. Физиология синаптической передачи.
3. Закономерности формирования возбуждения в ЦНС: суммация возбуждения, облегчение возбуждения, окклюзия возбуждения, посттетаническая потенция, трансформация ритма возбуждения.
4. Основные принципы распространения возбуждения в ЦНС: одностороннее проведение, центральная задержка проведения возбуждения, дивергенция возбуждения, конвергенция возбуждения, реверберация возбуждения.

5. Процесс торможения в ЦНС. Основные виды торможения (первичное постсинаптическое, первичное пресинаптическое и вторичное (пессимальное) торможение), их механизмы.

6. Взаимоотношения между процессами возбуждения и торможения: иррадиация и концентрация возбуждения, одновременная положительная и отрицательная индукция, последовательная положительная и отрицательная индукция.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## Самостоятельная работа на занятии

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: рефлекс, рефлекторная дуга (кольцо), синапс, возбуждающий постсинаптический потенциал, тормозной постсинаптический потенциал, миниатюрный потенциал, нервный центр, суммация возбуждения, облегчение возбуждения, окклюзия возбуждения, дивергенция возбуждения, конвергенция возбуждения, реверберация возбуждения, иррадиация и концентрация возбуждения, одновременная положительная и отрицательная индукция, последовательная положительная и отрицательная индукция, торможение пресинаптическое, торможение постсинаптическое, пессимальное торможение, доминанта.

**Задание 2.** Изучить некоторые особенности и принципы рефлекторной деятельности нервной системы (Работа № 1, 2).

**Задание 3.** Изучить некоторые особенности протекания процесса возбуждения в ЦНС (Работа № 3, 4).

### ***Оборудование, необходимое на занятии***

Видеоучебник «Физиология центральной нервной системы», виртуальный практикум, «Физиология торможения в ЦНС», «Свойства нервных центров».

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

---

### **Работа № 1. Анализ рефлекторной дуги**

**Рефлексом** называется ответная реакция организма на раздражение, осуществляющаяся с участием центральной нервной системы. Структурной и функциональной основой рефлекса является рефлекторная дуга. Рефлекторная дуга состоит из 5 звеньев: рецептор (I), афферентный путь (II), центральная нервная система (III), эфферентный путь (IV), эффектор (V) (рис. 21, 22).

Любая рефлекторная реакция начинается с раздражения рецептивного поля и заканчивается приспособительным эффектом (моторным, секреторным, сосудо-двигательным и др.).

При раздражении рецепторов возбуждение по афферентным нервам поступает в соответствующие образования ЦНС, например, в спинной мозг, в зад-

ние рога его серого вещества, а оттуда переходят в передние рога. Тела афферентных, чувствительных нейронов располагаются в спинномозговых ганглиях. В передних рогах находятся тела эфферентных нейронов (двигательных, или мотонейронов). От них берут начало центробежные (двигательные) нервы, заканчивающиеся в эффекторах. Связь между афферентными и эфферентными нейронами в пределах ЦНС осуществляется путем контакта – синапса, сложного образования, где возбуждение передается с одной системы нейронов на другую (рис. 22).

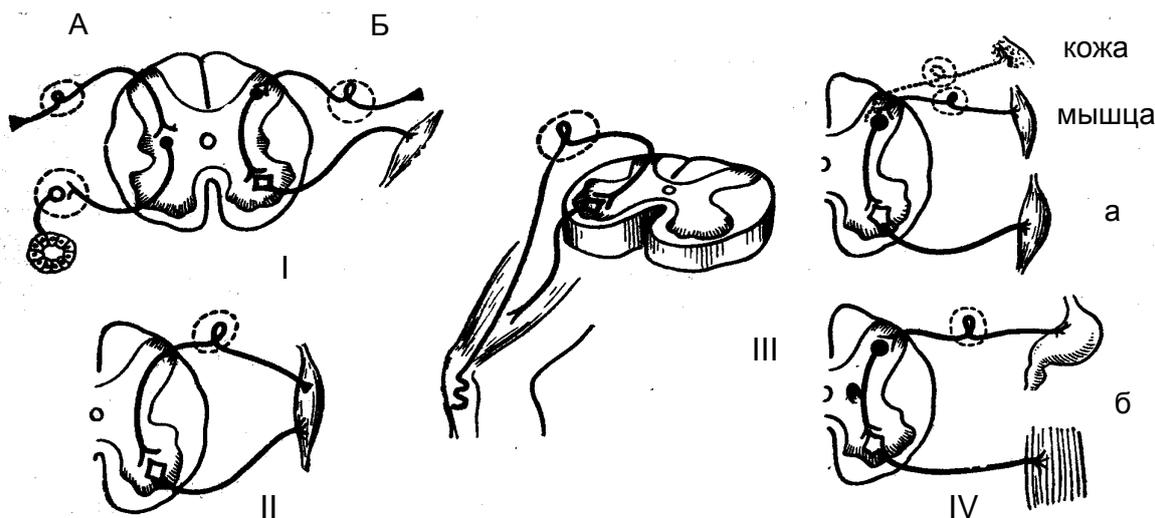


Рис. 21. Схемы рефлекторных дуг (Билибин Д.П. и др., 1970):

I – рефлекторная дуга вегетативного (А) и соматического (Б) рефлексов;  
 II – двухнейронная рефлекторная дуга; III – двухнейронная рефлекторная дуга коленного рефлекса; IV – трехнейронные рефлекторные дуги с рецепторами, заложенными в коже или мышцах (а) или во внутренних органах (б)

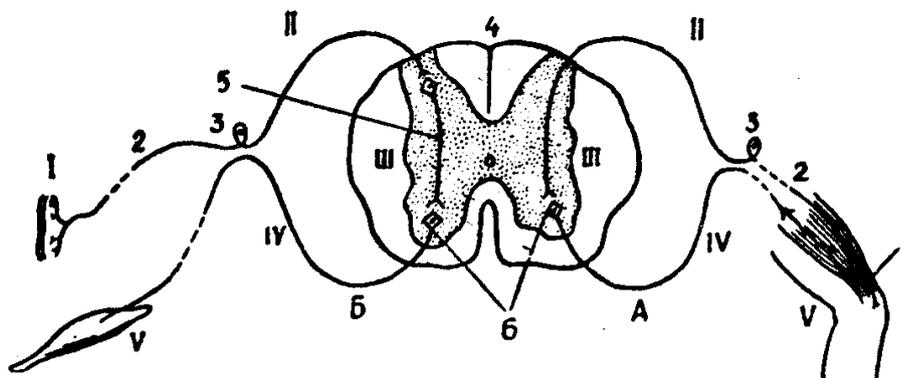


Рис. 22. Схема двух- и трехнейронной рефлекторной дуги (Гуминский А. А. и др., 1990):  
 I – рецептор; II – афферентный путь; III – центральная нервная система;  
 IV – эфферентный путь; V – эффектор. А – схема двухнейронной дуги; Б – схема трехнейронной дуги: 1 – рецептор; 2 – афферентный путь; 3 – спинномозговой ганглий; 4 – спинной мозг; 5 – вставочный нейрон; 6 – тело клетки эфферентного нейрона

Простейшие рефлекторные дуги спинномозговых рефлексов – двух- и трехнейронные. Поскольку контакты между нейронами осуществляются через синапсы, то принято различать моно- и полисинаптические рефлексы. Рефлексы, в которых контактируют между собой два нейрона (один ряд синапсов), называют *моносинаптическими*, все другие, имеющие два и более синаптических переключений, – *полисинаптическими*. К рефлексам с двухнейронными рефлекторными дугами (моносинаптическим) относятся проприоцептивные рефлексы. Двухнейронные рефлекторные дуги имеют свои особенности: рецептор и эффектор лежат в одном органе (рецептор лежит в той же мышце, которая отвечает на раздражение) (рис. 22 А). Центральное звено различных рефлексов организовано по-разному. В двухнейронной дуге аксон афферентного нейрона подходит к телу клетки и дендритам эфферентного нейрона в передних рогах спинного мозга. В трехнейронной рефлекторной дуге в центральной нервной системе расположен вставочный нейрон. В свою очередь аксон вставочного нейрона подходит к телу эфферентного нейрона (рис. 22 Б). В зависимости от количества вставочных нейронов различают трех-, четырех- и мультинейронные рефлекторные дуги. Обычно окончания чувствительного нейрона имеют много синаптических контактов с целой группой вставочных нейронов, которые в свою очередь увязывают их с разнообразными эффекторными нейронами, расположенными подчас на значительном удалении друг от друга. Вставочные нейроны находятся во всех отделах ЦНС, координируя их деятельность и обеспечивая целостный характер рефлекторных реакций.

Нервные образования всех «этажей» нервной системы, включая кору головного мозга, входящую в центральную часть рефлекторной дуги какого-либо рефлекса, называют *центром данного рефлекса*. В связи с чрезвычайно сложной разбросанностью групп нейронов данного рефлекса локализовать его центр очень трудно, а иногда и невозможно.

Рефлекторная реакция может осуществляться только при условии целостности всех звеньев рефлекторной дуги. Если нарушено хоть одно из них, рефлекторная реакция невозможна. Убедиться в этом – задача настоящей работы.

**Объект исследования:** лягушка.

**Оборудование:** препаровальный набор, 0,5%-ный раствор серной кислоты, 0,1%-ный раствор кокаина или 1%-ный раствор хлорида калия, штатив с зажимом и пробкой, стакан с водой, фильтровальная бумага.

**Ход работы:** приготовьте спинальную лягушку, т.е. лягушку с разрушенным головным и сохраненным спинным мозгом. Подвесьте ее на штативе, приколите нижнюю челюсть булавкой к пробке, зажатой в держателе. На правой лапке вдоль бедра отпрепарируйте седалищный нерв и подведите под него лигатуру. Осторожно пощипывайте кожу лапки пинцетом. Если лягушка отвечает на раздражение, сделайте следующее:

1. Установите роль рецептора в осуществлении рефлекторной реакции, для чего:

а) положите на кожу голени правой лапки кусочек фильтровальной бумаги, смоченной 0,5%-ным раствором серной кислоты. Отметьте рефлекторную реакцию на раздражение кожи кислотой. После каждого раздражения кислоту нужно смывать, опуская лапку в стакан с водой;

б) на голени той же лапки вырежьте кусочек кожи. Фильтровальную бумажку, смоченную кислотой, осторожно положите на обнаженный участок мышцы. Следите, чтобы кислота не попала на кожу. Рецепторы кожи удалены – реакция отсутствует. Отсутствие рефлекторной реакции объясняется тем, что рецепторы мышцы в отличие от кожных рецепторов не реагируют на слабый раствор кислоты.

2. Установите роль афферентного пути, для чего:

а) смойте кислоту с мышцы, проверьте, сохранилась ли рефлекторная реакция на раздражение кожи. Она сохранилась;

б) наблюдайте рефлекторную реакцию этой же (правой) лапки (с отпрепарированным седалищным нервом) при опускании кончиков пальцев в кислоту. Возникает хорошая двигательная реакция;

в) осторожно приподнимите отпрепарированный седалищный нерв и положите под него ватку, смоченную кокаином или 1%-ным раствором хлорида калия. Седалищный нерв содержит различные по функции нервные волокна. Наркотизирующие вещества нарушают проводимость нерва, причем сначала выключаются афферентные волокна (более чувствительные), а затем – эфферентные.

После наложения на нерв кокаина каждую минуту проверяйте наличие рефлекторной реакции на раздражение лапки кислотой. Исчезновение рефлекторной реакции указывает на то, что афферентные волокна полностью утратили проводимость.

Одновременно наблюдайте за тонусом мышц правой конечности, сравнивая ее положение с положением левой лапки. Правая лапка становится длиннее.

3. Установите роль эфферентного пути, для чего:

а) сразу после исчезновения рефлекса при раздражении правой лапки раздражайте левую лапку и наблюдайте ответную реакцию правой. Затем на кожу спины наложите бумажку, смоченную кислотой. Отметьте, что в обоих случаях в рефлекторной реакции участвуют две лапки. Это говорит о том, что проводимость двигательных волокон правой лапки еще сохранена. Кислоту с кожи спины удаляйте ваткой, смоченной в воде. Лягушку погружать в воду не следует, чтобы не мешать дальнейшей кокаинизации нерва;

б) продолжая наблюдение, отметьте момент исчезновения рефлекторной реакции правой лапки при раздражении другой лапки или кожи спины. Если рефлекторные реакции длительное время не исчезают, исключите проведение возбуждения по эфферентным волокнам путем перерезки седалищного нерва (перережьте его на бедре как можно выше).

Убедитесь, что после такой перерезки нерва правая лапка не вступает в реакцию при нанесении раздражения на любые участки кожи.

Отметьте, как изменяется тонус мышц правой конечности после перерезки седалищного нерва.

4. Установите роль центральной нервной системы, для чего:

а) раздражайте левую лапку кислотой или пощипыванием пинцетом и наблюдайте ответную рефлекторную реакцию;

б) разрушите спинной мозг, вставив препаровальную иглу в спинномозговой канал.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. На основании анализа видеосюжета дайте краткое описание последствий разрушения того или иного звена рефлекторной дуги для осуществления рефлекса.

2. Зарисуйте схему рефлекторной дуги соматического рефлекса (сгибательного рефлекса лягушки).

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте полное исчезновение рефлекторных реакций. Анализируя видеосюжет, приведите доказательства участия в рефлекторной реакции всех звеньев рефлекторной дуги: рецептора, афферентного пути, центральной нервной системы, эфферентного пути. Укажите, какие наблюдения дали возможность обнаружить рефлекторный

характер тонуса скелетных мышц. Отрадите значение непрерывности рефлекторной дуги для осуществления рефлекса.

## **Работа № 2. Влияние силы раздражителя на время рефлекса**

*Временем рефлекса (латентный период)* называют время от момента нанесения раздражения до появления ответной реакции. Оно необходимо для проведения возбуждения по всем звеньям рефлекторной дуги от рецептора до эффектора. Латентный период складывается из следующих основных компонентов: 1) времени, которое затрачивается на возникновение возбуждения в рецепторе; 2) времени прохождения возбуждения по афферентному пути; 3) времени передачи импульсов в центральной нервной системе через последовательный ряд синапсов с афферентного пути на эфферентный; 4) времени передачи возбуждения по эфферентному пути; 5) времени, затраченного на передачу через синапсы концевой пластинки, и возникновение возбуждения в рабочем органе.

Время проведения возбуждения в центральной нервной системе называется *центральным временем рефлекса*. Оно тем больше, чем сложнее рефлекторный путь (чем больше промежуточных (вставочных) нейронов входит в ее состав, тем больше происходит синаптических переключений).

Скорость проведения возбуждения по различным нервам неодинакова: она зависит от диаметра нервных волокон, развития у них миелиновой оболочки, их функциональной роли. Максимальная скорость проведения возбуждения (60–120 м/с) отмечена в толстых миелинизированных афферентных и эфферентных нервах, связанных с мышцами; наименьшая (0,5–3 м/с) – в тонких немиелинизированных симпатических постганглионарных нервных волокнах. Следовательно, общее время рефлекса определяется особенностями рефлекторной дуги и нервных волокон, по которым осуществляется данный рефлекс, и также площадью рецепторного поля, которое подвергается раздражению. Установлено, что время рефлекса зависит от силы раздражения: оно тем меньше, чем больше сила раздражения, и, наоборот – тем больше, чем слабее раздражение.

**Объект исследования:** лягушка.

**Оборудование:** препаровальный набор, 0,1%-ный, 0,3%-ный и 0,5%-ный растворы серной кислоты, штатив с муфтой, зажимом и пробкой, метроном, стакан с водой.

**Ход работы:** 1. Приготовьте спинальную лягушку и подвесьте ее на штатив (рис. 23).

2. Пустите в ход метроном, установив его на частоте 60 ударов в 1 мин. Погрузите кончики пальцев одной из лапок лягушки в стаканчик с 0,1%-ным раствором серной кислоты и сосчитайте число ударов метронома от момента погружения лапки в кислоту до появления ответной реакции на раздражение. Таким образом вы определите время рефлекса в секундах. Повторите определение времени рефлекса 2–3 раза, после каждого раздражения не забывайте обмывать лапку водой. Повторное определение проводите через 2–3 мин. Подсчитайте среднее время рефлекса.

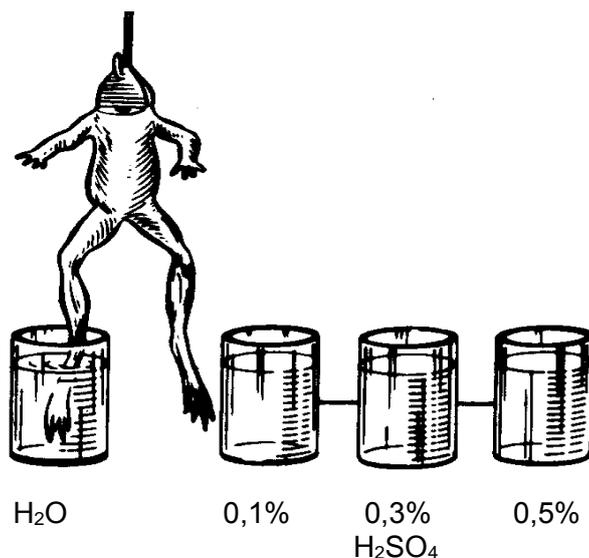


Рис. 23. Схема организации рабочего места при определении зависимости времени рефлекса от силы раздражителя (Агаджанян Н.А. и др., 1996)

3. Установите зависимость между силой раздражения и временем рефлекса. Для этого определите среднее время рефлекса, применяя в качестве раздражителя растворы серной кислоты более высокой концентрации – 0,3%-ный и 0,5%-ный. Определяя время рефлекса, погружайте в кислоту одну и ту же лапку до определенного уровня.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** результаты исследования, представленного в видеосюжете, занесите в таблицу 20:

Таблица 20

**Зависимость времени рефлекса от силы раздражителя**

Концентрация H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (в%)	Время рефлекса, сек.			Среднее время рефлекса, сек.
	1	2	3	
0,1				
0,3				
0,5				

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте зависимость времени рефлекса от силы раздражителя.

### **Работа № 3. Распространение возбуждения в спинном мозге**

Если на лапку спинальной лягушки наносить раздражение достаточно большой силы, то в результате можно наблюдать не только сгибательный рефлекс раздражаемой конечности, но и общедвигательную реакцию всех конечностей и туловища лягушки. В отличие от локального сгибательного или разгибательного рефлекса соответствующей конечности такое явление получило название *обобщенной, генерализованной реакции*. Физиологический механизм такой реакции состоит в иррадиации возбуждения в центрах спинного мозга. Иррадиация составляет одно из основных свойств возбуждения во всех отделах центральной нервной системы, включая и высшие отделы мозга, где оно выражено в наиболее сильной степени.

Иррадиация возбуждения происходит благодаря особенностям строения центральной нервной системы. Аfferентный нейрон, попадая в серое вещество спинного мозга, вступает в контакт не только с телами или отростками двигательных нейронов того же сегмента, но и с большим количеством нейронов (главным образом вставочных, а также двигательных), расположенных как выше, так и ниже места вхождения центростремительного нейрона. Многие волокна задних корешков могут контактировать и с различными отделами головного мозга, в основном через систему вставочных нейронов.

Сложнейшая система вставочных нейронов и синаптических контактов обуславливает иррадиацию возбуждения в центрах, что приводит к генерализованной ответной реакции. Иррадиация возбуждения может наблюдаться не только при сильном аfferентном раздражении, но и при повышении возбудимости центральной нервной системы, когда пороговые раздражения приобретают значение сверхсильных раздражений. Значительно повышает возбудимость спинного мозга стрихнин – блокатор тормозных синапсов ЦНС, при введении которого у лягушки даже самое слабое раздражение вызывает общее возбуждение и приводит к сокращению всех скелетных мышц.

Основным процессом, сдерживающим такое «ненаправленное» распространение возбуждения в центрах, выступает торможение, которое ограничивает иррадиацию возбуждения системой определенных рефлекторных дуг, обеспечивая этим координированное завершение рефлекторного акта. Торможение, воз-

никшее в центрах, определяет последовательный переход возбуждения с одной рефлекторной дуги на другую и благодаря этому приводит к строго последовательному развертыванию рефлекторного акта, что в целом дает возможность организму осуществить координированную и биологически целесообразную реакцию. Такое явление получило название *направленной иррадиации* возбуждения. Направление движения в этом случае определяется филогенетически и экологически закрепленными взаимоотношениями центров.

**Объект исследования:** лягушка.

**Оборудование:** штатив с зажимом и пробкой, препаровальный набор, булавки, стакан с водой, фильтровальная бумага, 0,1%-ный раствор стрихнина, пипетка, тарелка, стеклянный колпак, тупая игла, марля, по 200 мл растворов серной кислоты с концентрацией 0,1, 0,3 и 0,5%. Практическая работа состоит из двух опытов.

*Опыт 1. Распространение возбуждения в ЦНС при постепенном усилении раздражения*

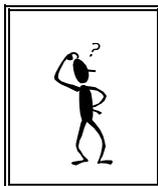
Приготовьте спинальную лягушку и подвесьте ее на штатив. Нанесите раздражения на заднюю лапку сначала такой силы, чтобы вызвать локальный сгибательный рефлекс. Затем увеличьте силу раздражения и наблюдайте последовательность включения различных конечностей в общую двигательную реакцию лягушки. При максимальной силе раздражения все тело лягушки приходит в движение.

*Опыт 2. Распространение возбуждения в ЦНС при введении животному стрихнина*

Спинальной лягушке под кожу в брюшной части тела введите 2–3 мл 0,1%-ного раствора азотнокислого стрихнина. Поместите лягушку на тарелку, накройте колпаком. Через каждые 1,5–2 мин проверяйте возбудимость центральной нервной системы легким постукиванием по краям тарелки. Наблюдайте динамику реакции на протяжении действия стрихнина. Определите время наступления общих судорог.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** по наблюдаемым явлениям в видеосюжете отметьте порядок и степень вовлечения в рефлекторную деятельность мышц конечностей и туловища лягушки в опытах 1 и 2.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** дайте понятие процесса иррадиации возбуждения. Объясните структурно-функциональные механизмы иррадиации возбуждения.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Что такое рефлекс и какова его биологическая роль?
2. Каков механизм укорочения времени рефлекса при увеличении силы раздражения?
3. Какие физиологические процессы обуславливают явление суммации в нервном центре?
4. Чем отличается действие возбуждающих и тормозных медиаторов?

### *Контрольные задания*

1. Дайте сравнительную характеристику соматической и вегетативной рефлексорных дуг.
2. Опишите основные свойства нервных центров.
3. Дайте определение понятию «синапс» и укажите его структурные элементы и свойства.
4. Перечислите механизмы пресинаптического, постсинаптического и пессимального торможения.

**2**

## Функции спинного и стволовой части головного мозга

---

занятие

**Цель занятия:** изучить функции спинного и стволовой части головного мозга.

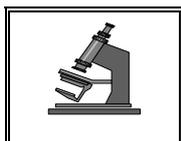


## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

---

### **Рекомендуемая дополнительная литература**

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



### **Спина́й моз́г**

---

**Задание 1.** Вспомните из курса анатомии морфофункциональную организацию спинного мозга, области локализации чувствительных, двигательных и вегетативных ядер; проводящие пути, берущие начало от ядер спинного мозга и

оканчивающиеся на них; спинномозговые нервы, их число, место отхождения, ветвление и функции.

**Задание 2.** Изучите функции спинного мозга, используя следующую логическую структуру учебного материала:

1. Нейроны спинного мозга (альфа-мотонейроны, гамма-мотонейроны, вставочные нейроны, их свойства и принципы организации работы.

2. Функции спинного мозга:

– последствия перерезки спинного мозга; явление спинального шока;

– рефлекторная функция спинного мозга: рефлексы растяжения (миостатические); сгибательные рефлексы; ритмические рефлексы; позиционные рефлексы; вегетативные рефлексы;

– проводниковая функция спинного мозга: восходящие пути, берущие свое начало от спинного мозга; нисходящие пути, заканчивающиеся на ядрах спинного мозга;

– координирующая функция спинного мозга.

3. Нисходящий контроль деятельности спинного мозга.

При изучении функций спинного мозга отметьте, что он получает импульсы от экстерорецепторов кожной поверхности, проприорецепторов, и висцерорецепторов туловища и конечностей.

**Задание 3.** Оцените состояние рефлекторной деятельности спинного мозга человека (Работа № 1).

### **Работа № 1. Исследование спинномозговых рефлекторных реакций человека (на примере коленного рефлекса)**

В скелетных мышцах находится большое количество рецепторов (проприорецепторов). Среди них наиболее типичны рецепторы, раздражаемые растяжением мышц. Проприорецепторы скелетных мышц обеспечивают обратную связь между эффекторами и нервными центрами. Важнейший вид проприорецепторов находится в так называемых мышечных веретенах. Именно раздражение этих нервных окончаний вызывает коленный и другие сухожильные рефлексы, имеющие большое клиническое значение. Отметим, что «сухожильные» рефлексы возникают при раздражении рецепторов мышц, а не сухожилий. При ударе по сухожилию мышца растягивается в длину, вследствие чего раздражаются рецепторные окончания мышечных веретен. По афферентным волокнам в мозг направляется залп нервных импульсов. Коллатерали афферентных

волокон мышечных веретен оканчиваются непосредственно на мотонейронах той же (растягиваемой) мышцы. Разряд мотонейронов вызывает короткое (одиночное) ее сокращение. Сухожильные рефлексy называют моносинаптическими, так как в их рефлекторную дугу включены только два нейрона с одним синапсом между ними.

Сухожильные рефлексy у здорового человека обычно вызываются легко. При нарушениях деятельности центральной нервной системы они могут отсутствовать или, наоборот, быть значительно усиленными. Может наблюдаться также симметрия сухожильных рефлексов.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** рефлексологический молоточек.

**Ход работы:**

Испытуемый сидит, положив ногу на ногу. Мышцы исследуемой конечности должны быть расслаблены. Произведите отрывистые удары молоточком по связке коленной чашечки (удар наносится на 2 см ниже нижнего края надколенника). Наблюдаются сокращения четырехглавой мышцы бедра, вызывающие разгибание в коленном суставе. Если коленный рефлекс слаб, испытуемому предлагают прочно сцепить пальцы обеих рук, сильно растягивая их в стороны. При этом коленный рефлекс значительно усиливается (феномен Иендрассика).

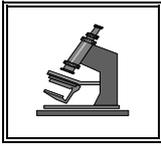
**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления. Зарисуйте схему моносинаптической рефлекторной дуги коленного рефлекса.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** качественно оцените возникающие рефлексy (нормальный, повышенный, пониженный).

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие висцерорецептивные импульсы проходят через спинной мозг?
2. Дуги каких рефлексов замыкаются в сером веществе спинного мозга?
3. Какие рецептивные участки кожи не иннервируются спинномозговыми нервами?
4. Дайте количественную характеристику нейронов одного сегмента спинного мозга.
5. Почему мотонейрон спинного мозга является общим конечным путем?
6. Приведите примеры полисинаптических защитных рефлексов.





## Продолговатый мозг

---

**Задание 4.** Вспомните из курса анатомии строение продолговатого мозга, его общую морфологию и особенности расположения серого и белого вещества. Обратите особое внимание на месторасположение продолговатого мозга; на наличие пирамид на его вентральной поверхности, образованных волокнами кортикоспинальных путей; на наличие корешков 4-х пар черепно-мозговых нервов; на диффузно расположенную в центре продолговатого мозга ретикулярную формацию, имеющую скопления нейронов или ядер.

**Задание 5.** Изучите функции продолговатого мозга, используя следующую логическую структуру учебного материала:

1. Рефлекторная функция продолговатого мозга:
  - а) двигательные функции продолговатого мозга: безусловные и условные двигательные рефлексы; произвольные движения;
  - б) сложнокоординированные двигательные рефлексы: жизненно важные рефлексы (жевания, сосания, глотания, дыхания и т.д.); защитные рефлексы (рефлексы рвоты, кашля, чихания);
  - в) вегетативные рефлексы; роль ретикулярной формации в реализации жизненно важных функций; особенности организации и функционирования дыхательного и сосудодвигательного центров;
  - г) рефлексы поддержания позы: статические (от рецепторов преддверия); статокINETические (от рецепторов полукружных каналов);
  - д) вестибуло-вегетативные рефлексы.
2. Проводниковая функция спинного мозга.
3. Нисходящий контроль деятельности спинного мозга: последствия перерезки стволовой части головного мозга на уровне четверохолмия; двигательные функции бульбарного животного.
4. Роль продолговатого мозга в первичном анализе сенсорной информации.

Знакомясь с функциями продолговатого мозга, обратите внимание на их связь с ядрами черепно-мозговых нервов продолговатого мозга.

**Задание 6.** Изучите на практике некоторые функции продолговатого мозга (Работа № 2).

## **Работа № 2. Функции продолговатого мозга**

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** десертная ложка, спирт, вата.

### **1. Глотательный рефлекс**

**Ход работы:**

1. Прикоснитесь чистой ложкой к задней поверхности языка испытуемого. Непроизвольно у испытуемого возникает акт глотания.

2. Сделайте подряд несколько глотательных движений. Когда во рту не останется слюны, глотательный рефлекс проявляться не будет.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления. Опишите схему рефлекторной дуги глотательного рефлекса.

### **2. Глазо-сердечный рефлекс (рефлекс Б. Ашнера)**

**Ход работы:**

1. Испытуемый садится на стул. Подсчитайте у него пульс за 30 сек.

2. Охватите голову испытуемого руками, надавите большими пальцами на его глазные яблоки. (Давление не должно вызывать болевых ощущений у испытуемого).

3. Сразу же в течение 30 сек. подсчитайте пульс.

4. Прекратив давление на глазные яблоки, снова в течение 30 сек. подсчитайте пульс.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления. Опишите схему безусловного вегетативного глазо-сердечного рефлекса.

### **3. Взаимодействие между корой больших полушарий и продолговатым мозгом**

**Ход работы:**

Сделайте неглубокий вдох и задержите дыхание. Через некоторое время дыхание станет трудно задерживать, и произойдет произвольный выдох. Обратите внимание на изменение глубины и частоты дыхания после его задержки.

Когда дыхание нормализуется, сделайте 2–3 быстрых и глубоких вдоха и выдоха и наблюдайте произвольную задержку дыхания.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления и дайте им объяснения.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите, какие функции продолговатого мозга удалось установить с помощью данных экспериментов.

### **Вопросы для самопроверки**



1. Перечислите черепно-мозговые нервы, выходящие из продолговатого мозга.
2. Какие нервы иннервируют язык, щитовидную железу, глотку, гортань, каротидный синус и внутренние органы грудной и брюшной полостей?
3. Из каких волокон состоят языкоглоточный и блуждающий нервы?
4. Какова роль ретикулярной формации?
5. Перечислите ядра и «жизненные центры» продолговатого мозга.



### **Варолиев мост**

---

**Задание 7.** Вспомните из курса анатомии строение Варолиева моста, его общую морфологию и особенности расположения серого и белого вещества в нем. Обратите особое внимание на месторасположение Варолиева моста, ромбовидной ямки, четвертого желудочка; на наличие корешков 4-х пар черепно-мозговых нервов; на диффузно расположенную ретикулярную формацию, имеющую скопления нейронов или ядер.

**Задание 8.** Познакомьтесь с функциями моста, вспомните, что он является продолжением продолговатого мозга и многие структуры продолговатого мозга проходят через мост не прерываясь, следовательно, многие функции этих отделов головного мозга являются общими. Обратите внимание на черепно-мозговые нервы, ядра которых локализованы в мостовой части мозга.

**Задание 9.** Изучите на практике некоторые функции моста мозга (Работа № 3).

#### **Работа № 3. Безусловный роговичный (корнеальный) рефлекс**

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** марлевая салфетка или чистый носовой платок.

**Ход работы:** кончиком свернутой марли осторожно дотроньтесь до роговицы глаза испытуемого. Происходит смыкание век.

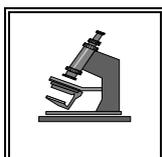
**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления. Опишите рефлекторную дугу данного безусловного рефлекса.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите, какие функции среднего мозга удалось установить с помощью данного эксперимента.

### **Вопросы для самопроверки**



1. Какие структуры продолговатого мозга проходят через мост мозга, не прерываясь?
2. Назовите черепно-мозговые нервы, выходящие из моста?
3. Какие участки тела и органы иннервируют V, VI, VII, VIII черепно-мозговые нервы?
4. Какие из вышеперечисленных черепно-мозговых нервов являются двигательными, чувствительными или смешанными?
5. С какими отделами ЦНС и каким образом связан мост?



### **Средний мозг**

---

**Задание 10.** Вспомните из курса анатомии строение среднего мозга; общую морфологию ножек мозга и четверохолмия; особенности расположения серого и белого вещества в среднем мозге (ядра черепно-мозговых нервов, непарное вегетативное ядро Якубовича, ядра тектальной области, красное ядро, черная субстанция, элементы ретикулярной формации). Обратите внимание на восходящие и нисходящие пути, проходящие через средний мозг.

**Задание 11.** Изучите функции среднего мозга. Особое внимание обратите на функции ядер четверохолмия, красного ядра, черной субстанции, ядер ретикулярной формации; роль среднего мозга в регуляции мышечного тонуса, установочных рефлексов, в осуществлении локомоций.

**Задание 12.** Изучите на практике некоторые функции среднего мозга (Работа № 4).

### **Работа № 4. Изучение функций среднего мозга**

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** карандаш.

### **1. Ориентировочный рефлекс**

Ориентировочный рефлекс проявляется в повороте головы и тела в направлении источника нового сигнала и способствует пространственной локализации раздражителя, в связи с этим данный рефлекс называют рефлексом новизны, или «Что такое?». Осуществляется данный рефлекс при участии нейронов бугров четверохолмия.

#### **Ход работы:**

1. Экспериментатор предлагает испытуемому задание, например, прочитать небольшой текст.

2. Как только испытуемый приступил к чтению, экспериментатор неожиданно и достаточно сильно стучит по столу карандашом или звонит звонком.

В этот момент большинство испытуемых прекращают чтение и произвольно поворачивают голову к источнику звука.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления и рефлекторную дугу ориентировочного рефлекса.

### **2. Вегетативный безусловный зрачковый рефлекс**

#### **Ход работы:**

1. Предложите испытуемому закрыть глаза ладонями (испытуемый в это время не должен закрывать глаза).

2. Через 3–4 мин, когда глаза испытуемого адаптируются к темноте, и его зрачки расширятся, предложите ему быстро убрать ладони от глаз.

Вследствие внезапного освещения глаз зрачки резко сужаются.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления и рефлекторную дугу данного безусловного рефлекса.

### **3. Выявление роли среднего мозга**

#### **в обеспечении правильного положения тела в пространстве**

Сохранение нормального положения тела (позы) является сложнорефлекторным актом. В этом процессе участвует ряд тонических рефлексов, но главную роль играют рефлексы с лабиринтов внутреннего уха и проприорецепторов шейных мышц. Дуги указанных рефлексов замыкаются в ядрах продолговатого мозга. Центробежные импульсы, идущие из двигательных ядер продолговатого мозга, вызывают координированное перераспределение тонуса отдельных мышечных групп.

Значительную координирующую и контролирующую функцию в отношении рефлексов положения тела выполняют вышележащие образования и в первую очередь средний мозг с красным ядром. Красное ядро посылает импульсы к двигательным нейронам продолговатого и спинного мозга и получает импульсы от ядер стволовой части мозга, мозжечка, различных отделов переднего мозга и от коры. Таким образом, красное ядро представляет собой важнейшее промежуточное звено сложных рефлексов, регулирующих мышечный тонус и обеспечивающих правильное положение тела в пространстве. Функция красного ядра определяется всей совокупностью приходящих к нему импульсов, среди которых важную роль выполняют импульсы коры больших полушарий.

***Ход работы:***

1. Предложите испытуемому принять неустойчивую позу: левая нога стоит перед правой так, чтобы ступни образовали одну прямую линию (носок правой ноги должен касаться пятки левой), глаза закрыты.

2. Через некоторое время легонько толкните испытуемого.

Толчок вызовет отклонение корпуса и смещение центра тяжести. Испытуемый либо отставит ногу в сторону, либо начнет балансировать руками, добиваясь при этом восстановления равновесия. Данный безусловный рефлекс осуществляется средним мозгом с участием мозжечка.

***Рекомендации к оформлению результатов работы:*** опишите наблюдаемые рефлексы.

***Выводы и обсуждение результатов работы:*** укажите, какие функции продолговатого мозга удалось установить с помощью данных экспериментов.

***Вопросы для самопроверки***

1. Какие органы иннервируются блоковым и глазодвигательным нервом?
2. Укажите место расположения первичных слуховых и зрительных центров.
3. Откуда берут начало аксоны руброспинального тракта?
4. Какие рефлексы замыкаются в среднем мозге? Приведите примеры.
5. Перечислите функции черной субстанции.
6. Каково значение красного ядра в регуляции тонуса мускулатуры туловища и конечностей?





## Мозжечок

---

**Задание 13.** Вспомните из курса анатомии строение мозжечка; общую морфологию мозжечка; его локализацию в головном мозге. Обратите внимание на наличие серого вещества в виде коры мозжечка и в виде ядер, локализованных в белом веществе мозжечка.

**Задание 14.** Изучите функции мозжечка, используя следующую логическую схему:

1. Функциональная структура мозжечка: древний, старый, новый мозжечки.

2. Нейронная характеристика мозжечка – нейроны Пуркинье, как эфферентные нейроны коры мозжечка.

3. Аfferентные и эfferентные связи коры мозжечка.

4. Аfferентные и эfferентные связи ядер мозжечка.

5. Главные двигательные функции мозжечка:

- регуляция мышечного тонуса, позы и равновесия;
- координация позы и целенаправленных движений;
- роль в программировании целенаправленных движений.

6. Поражения мозжечка и его признаки.

7. Роль мозжечка в регуляции вегетативных функций.

Изучая функции мозжечка, особое внимание обратите на анатомические и функциональные его связи (связи с двигательными ядрами ствола мозга и двигательными зонами коры больших полушарий).

**Задание 15.** Изучите некоторые функции мозжечка и на основе функциональных проб оцените состояние двигательных функций мозжечка (Работы № 5, 6).

### **Работа № 5. Исследование двигательных функций мозжечка**

У млекопитающих важнейший отдел головного мозга – мозжечок, состоит из центральной части – червячка – и двух боковых полушарий. На поверхности последних находится серое вещество – кора, под которой располагается белое вещество. В глубине мозжечка имеются скопления нервных клеток – ядра мозжечка, самые крупные из них – зубчатое ядро и ядро крыши. Через систему ножек – передних, средних и задних, мозжечок связывается аfferентными и

эфферентными путями со всеми отделами головного мозга и со спинным мозгом. Функции мозжечка связаны главным образом с управлением движениями, степень его развития зависит от уровня моторной активности животного. В кору мозжечка приходят импульсы со всех сенсорных систем, эфферентные импульсы формируются в ядрах мозжечка.

В процессе эволюции коры головного мозга происходит и развитие мозжечка. У млекопитающих мозжечок служит «помощником» коры больших полушарий в осуществлении двигательных функций. Кора регулирует тонкие произвольные движения, а мозжечок обеспечивает тонические рефлексы положения, позу и примитивные локомоторные акты, глазодвигательные реакции, иначе говоря, весь тот фон, на котором строится сложная мозаика произвольной двигательной деятельности. У низших позвоночных (рыбы) мозжечок играет существенную роль в условно-рефлекторной деятельности, обеспечивая вместе со средним мозгом акты приспособления животного к внешней среде. Однако у более высокоорганизованных животных появляются передний мозг и кора больших полушарий и эта функция мозжечка значительно ослабляется.

Поражение мозжечка приводит к характерным нарушениям статики и локомоции, при этом резко страдают произвольные движения. Нарушения двигательной деятельности после разрушения мозжечка характеризуются четырьмя симптомами: атонией, астенией, астазией и атаксией.

*Атония* проявляется в потере тонуса скелетной мускулатуры. *Атаксия* означает неправильную координацию движений. Третий симптом – *астазия* – состоит в постоянном мелком дрожании или более крупных качаниях головы и туловища. *Астения* заключается в легкой утомляемости животного и человека.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** секундомер.

**Ход работы:**

1. *Исследование функции сохранения позы и равновесия при стоянии и ходьбе* определяют в следующих пробах:

1. Исследование походки: испытуемый должен идти по прямой линии, пятка к носку, с закрытыми глазами, скрещенными руками и выпрямленным туловищем, не шатаясь из стороны в сторону. Необходимо пройти 8–10 шагов в одну сторону, затем повернуться и возвратиться в исходное положение.

2. Усиленная проба Ромберга: испытуемому с закрытыми глазами предлагают стоять прямо, в положении пятка к носку на одной линии, со скрещенными руками и выпрямленным туловищем. При этом он должен сохранять равновесие,

и не должен покачиваться из стороны в сторону. Время сохранения позы должно составлять не менее 60 сек.

3. Стояние на одной ноге с закрытыми глазами: испытуемому предлагают стоять на полу попеременно на каждой ноге со скрещенными руками и выпрямленным туловищем. Сначала на левой ноге – 30 сек., затем на правой – 30 сек.

При обработке результатов следует учитывать число ошибок и величины отклонения тела. Исследование следует проводить на твердой поверхности без ковров. Испытуемый должен находиться в обуви без каблуков. Перед началом теста человеком принимается поза и удобное положение, и только затем закрываются глаза.

2. *Исследование функции координации тонуса мышц, позы и целенаправленного движения* определяют в следующих пробах:

1. Пальценосовая проба: испытуемый с закрытыми глазами должен коснуться указательным пальцем кончика носа. При этом у него не должно быть дрожания (тремора) в движущейся руке, характерного для мозжечковых расстройств.

2. Коленно-пяточная проба (мимопопадание): испытуемому, лежащему на спине, предлагают высоко поднять ногу, пяткой попасть в колено другой ноги и провести вниз по поверхности голени. При мозжечковом поражении испытуемый не попадет пяткой в колено, а движение вниз не сможет осуществить по прямой линии.

3. Проба Бабинского, позволяющая выявить нарушение содружественных движений: испытуемому, лежащему на спине со скрещенными руками, предлагают сесть. Здоровый человек сможет это сделать, не поднимая одновременно нижних конечностей.

3. *Исследование функции мозжечка, осуществляющей программирование движений*, определяют в следующих пробах:

1. Исследование речи: у здорового человека темп речи высокий, она имеет эмоциональную окраску. При мозжечковых расстройствах речь замедленна (скандированна), лишена интонации.

2. Проба на адиадохокинез: испытуемому предлагают произвести быструю смену пронации и супинации кистей (или сжимания и разжимания пальцев рук). У здорового человека движения синхронизированны, осуществляются с большой скоростью. При мозжечковых поражениях имеются неловкие, несинхронизированные движения обеих рук (adiaдохокинез).

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления при выполнении каждой из перечисленных выше проб.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте соответствие норме выполняемых проб (отсутствие или наличие нарушения равновесия и координации); укажите функциональное значение древнего, старого и нового мозжечка в регуляции позы, сохранении равновесия и реализации произвольных движений.

### **Работа № 6. Торможение движений, возникших в силу инерции**

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** специального оборудования не требуется.

**Ход работы:** работа проводится в парах.

1. Предложите испытуемому согнуть руку в локте.
2. Захватите его предплечье около кисти и предложите испытуемому тянуть руку на себя, преодолевая сопротивление.
3. Неожиданно для испытуемого отпустите руку. Рука испытуемого делает короткий рывок и останавливается.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите, какую функцию мозжечка вы определили с помощью торможения движений, возникших в силу инерции.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какими образованиями представлены поверхностный, ганглиозный и гранулярный слои коры мозжечка?
2. По каким путям информация из различных сенсорных систем поступает в мозжечок?
3. Перечислите наиболее характерные проявления мозжечковой недостаточности, дайте им краткую характеристику.
4. Объясните, почему при поражении мозжечка развиваются разнообразные нарушения двигательной активности?
5. Опьяневший человек при попытке сделать один шаг нередко вынужденно делает по инерции несколько шагов в том же направлении. Объясните данное наблюдение.
6. Участвует ли мозжечок в регуляции вегетативных функций?





## Промежуточный мозг

---

**Задание 16.** Вспомните из курса анатомии строение промежуточного мозга; общую морфологию, локализацию и строение зрительных бугров (таламуса), гипоталамуса, эпиталамус (эпифиз), метаталамус (медиальных и латеральных коленчатых тел). Обратите внимание на классификацию ядер таламуса с функциональной точки зрения и особенности каждой группы, на местоположение гипоталамуса, на наличие в нем ядер, представляющих собой высшие подкорковые центры вегетативной нервной системы и всех жизненно важных функций организма, на связи гипоталамуса с корой больших полушарий, таламусом, ядрами базальных ганглиев и гипофизом.

**Задание 17.** Изучите функции промежуточного мозга, используя следующую логическую схему:

1. Функции таламуса:
  - таламус как коллектор афферентных путей: функции специфических ядер;
  - роль таламуса в регуляции движений;
  - основные функции ассоциативных систем таламуса;
  - функции неспецифической системы мозга.
2. Функции гипоталамуса:
  - программное обеспечение регуляции вегетативных функций;
  - интеграция соматических, вегетативных и гуморальных компонентов адаптивных реакций;
  - регуляция показателей гомеостаза.
3. Функциональное значение коленчатых тел.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какими структурами представлена ретикулярная формация таламуса?
2. Нейроны каких ядер таламуса образуют связи с нейронами сенсорной и ассоциативной коры?
3. К каким ядрам таламуса поступают импульсы от кожных рецепторов двигательного аппарата и мозжечка?

4. Какие афферентные пути заканчиваются на нейронах латерального коленчатого тела?
5. Какие афферентные пути заканчиваются на нейронах медиального коленчатого тела?
6. Перечислите сенсорные сигналы, поступающие в кору больших полушарий только через таламокортикальные проекции?
7. Как выделяется наиболее важная информация, приходящая в таламус от различных рецепторов?
8. Почему активацию нейронов неспецифических ядер таламуса особенно эффективно вызывают болевые сигналы?
9. Почему активацию нейронов неспецифических ядер таламуса особенно эффективно вызывают болевые сигналы?
10. Какова роль гипоталамуса в регуляции сна и бодрствования?
11. Перечислите центры регуляции вегетативных функций организма.
12. Каков механизм развития поведенческих приспособительных реакций организма, направленных на утоление чувства голода?
13. Как осуществляются влияния гипоталамуса на заднюю и переднюю долю гипофиза?



## Базальные ганглии

**Задание 18.** Вспомните из курса анатомии строение базальных ганглиев; общую морфологию, локализацию и строение полосатого тела, бледного шара ограда.

**Задание 19.** Изучите функции базальных ганглиев. Особое внимание уделите вопросам:

1. Главные афферентные входы базальных ганглиев.
2. Главные эфферентные выходы базальных ганглиев.
3. Функциональная роль полосатого тела.
4. Функциональная роль бледного шара.
5. Последствия поражения базальных ганглиев.

Изучая функции базальных ганглиев, отметьте, что функционально они синергичны мозжечку. Базальные ганглии и мозжечок являются функционально равнозначными центрами, обеспечивающими разные двигательные программы,

мозжечок – быстрых движений, базальные ганглии – медленных. Программы базальных ганглиев генетически закрепленные, а мозжечка – приобретенные. В целом базальные ганглии являются интегративными центрами организации моторики, эмоций, высшей нервной деятельности.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие структуры стриопаллидарного комплекса участвуют в процессах запоминания двигательных программ?
2. Какие влияния стриопаллидарная система оказывает на различные проявления двигательной активности и на эмоциональные компоненты двигательного поведения?
3. К каким нарушениям приводит выпадение функций хвостатого ядра; бледного шара?



### **САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ**

Заполните таблицу 21 «Строение и функции отделов ЦНС».

Таблица 21

**Строение и функции отделов ЦНС**

Отдел ЦНС	Основные структуры	Функции

**3**

### **Нервные механизмы регуляции вегетативных функций организма**

занятие

**Цель занятия:** оценить реактивность вегетативной нервной системы человека по результатам функциональных проб.



## САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

---

### ***Необходимый исходный уровень знаний***

1. Общая морфофункциональная характеристика и основные функции вегетативной нервной системы.

2. Симпатический отдел вегетативной нервной системы: область иннервации, центры в ЦНС, преганглионарные и постганглионарные волокна, ганглии, нейроэффекторные синапсы, физиологическое значение.

3. Парасимпатический отдел вегетативной нервной системы: область иннервации, центры в ЦНС, преганглионарные и постганглионарные волокна, ганглии, нейроэффекторные синапсы, физиологическое значение.

4. Метасимпатический отдел вегетативной нервной системы: организация рефлекторного пути, область иннервации, центры в ЦНС, нейроэффекторные синапсы, физиологическое значение.

5. Рефлексы вегетативной нервной системы. Особенности строения рефлекторных дуг автономной нервной системы.

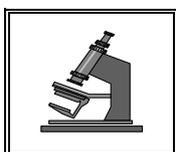
6. Взаимодействие между отделами вегетативной нервной системы при регуляции физиологических функций. Саморегуляция функций.

7. Высшая центральная регуляция вегетативных функций. Роль ретикулярной формации, гипоталамуса, мозжечка, лимбической системы новой коры больших полушарий.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Дать определение понятий: вегетативная нервная система (ВНС), симпатический отдел ВНС, парасимпатический отдел ВНС, метасимпатический отдел ВНС, преганглионарное волокно, постганглионарное волокно, ганглий, медиаторы.

**Задание 2.** Освоить методы (функциональные пробы) определения типа регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы (Работы №1, 2, 3, 4).

**Задание 3.** Оценить индивидуальную реактивность вегетативной нервной системы человека на основе результатов функциональных вегетативных проб.

### **Оборудование, необходимое на занятии**

*Приборы:* тонометр, фонендоскоп, секундомер.

*Другие материалы:* кушетка, стерильные салфетки.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### Работа № 1. Ортоклиностатическая проба Ф. Шеллонга (F. Schellong, 1891–1953) (в модификации Заградского)

**Оборудование:** секундомер, тонометр, фонендоскоп, кушетка.

**Ход работы:** в опыте участвует не менее 4 человек: испытуемый, измеряющий артериальное давление (АД), подсчитывающий частоту сердечных сокращений (ЧСС) по пульсу, ведущий протокол. Определение АД и ЧСС идет обязательно одновременно. Заготовьте предварительно таблицу 4.

1. *Определение пульса и артериального давления АД в исходном положении (положение лежа).* Испытуемый лежит на кушетке не менее 5 мин, после чего подсчитывается ЧСС по пульсу за 1 мин. Измерения проводят несколько раз для получения среднего значения показателей ЧСС и АД.

2. *Определение рефлекторной сердечной реакции.* Разъединив манжетку и тонометр прибора (манжетка не снимается в течение всего опыта), предлагают испытуемому встать. Испытуемый встает. Быстро соединяют манжетку с манометром и измеряют АД сразу и несколько раз подряд в конце каждой минуты. Одновременно определяют пульс за 15 сек. Измерения производят до тех пор, пока показатели не вернуться к исходным величинам.

3. *Определение пульса и АД в положении лежа.* Испытуемый вновь ложится и вновь определяется пульс и АД сразу и в конце каждой минуты на протяжении 5 мин.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Полученные результаты занесите в таблицу 22.

Таблица 22

Результаты ортоклиностатической пробы

Положение тела	Исходное положение	Стоя										Лежа						
		минуты										минуты						
Параметры		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	1	2	3	4	5
пульс/ мин																		
СД																		
ДД																		

2. Оцените результаты исследования, используя таблицу 23.

Таблица 23

**Типы реагирования при ортостатической пробе**

Типы реагирования	Нормотония*	Ваготония*	Симпатотония*	Вегетативная дистония с резким преобладанием симпатического отдела
Параметры	Изменения пульса и АД по отношению к исходным показателям в положении лежа			
Пульс	Учащение на 8–12 уд./мин	Отсутствие изменений или урежение	Учащение более чем на 12 уд./мин	Учащение более чем на 50% по сравнению с исходным уровнем
АД	Повышение на 5–10 мм рт.ст.	Отсутствие изменений или уменьшение	Увеличение более чем на 10 мм рт.ст.	–

\*Пояснения к таблице 5:

Нормотония – сбалансированность тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС.

Ваготония – преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС.

Симпатотония – преобладание тонуса симпатического отдела ВНС.

3. Заполните соответствующие столбцы в таблице 29.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте индивидуальную степень активации отделов ВНС у испытуемого при смене положения (постуральная или позная реакция). Переход в вертикальное положение меняет условия снабжения мозга кровью. Укажите механизмы восстановления нормального обеспечения мозга кровью в изменившихся условиях венозного возврата (связать с активацией симпатического отдела ВНС).

**Работа № 2. Глазо-сердечная проба Г. Данини – Б. Ашнера  
(G. Dagnini; B. Aschner)**

**Оборудование:** секундомер, стерильные салфетки.

**Ход работы:** в опыте участвуют не менее 3-х человек: испытуемый, экспериментатор, помощник, подсчитывающий частоту сердечных сокращений (ЧСС) по пульсу. Заготовьте предварительно таблицу 6.

1. **Определение пульса в исходном положении (положение сидя).** Испытуемый сидит на стуле. Подсчитывается ЧСС по пульсу за 1 мин. Измерения проводят несколько раз для расчета среднего показателя в покое.

2. **Определение рефлекторной сердечной реакции.** Экспериментатор через стерильные марлевые салфетки располагает указательный и большой палец левой руки на глазных яблоках испытуемого и надавливает на них в течение 15 сек. Давление не должно быть сильным. Начиная с 5-й секунды надавливания, подсчитывают пульс в течение 10 сек.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Полученные результаты занесите в таблицу 24.

Таблица 24

**Результаты глазо-сердечной пробы Г. Данини – Б. Ашнера**

Состояние испытуемого	До пробы	После пробы
Пульс / мин		

2. Оцените результаты исследования, используя таблицу 25.

Таблица 25

**Типы реагирования при глазо-сердечном рефлексе**

Тип реагирования	Нормальный рефлекс	Положительный рефлекс	Извращенный рефлекс	Отрицательный рефлекс
	Нормотония	Ваготония	Дисбаланс в системе вегетативной регуляции	
Изменения пульса по отношению к исходному	Урежение на 4–6 уд./мин	Урежение на 7–15 уд./мин	Учащение пульса	Отсутствие пульса

3. Заполните соответствующие столбцы в таблице 29.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте индивидуальную степень активности отделов ВНС у данного испытуемого. Нарисуйте схему рефлекторной дуги глазо-сердечного рефлекса и объясните механизмы его возникновения.

**Работа № 3. Рефлекс Н. Ортнера (N. Ortner, 1865–1935)**

**Оборудование:** секундомер.

**Ход работы:** 1. **Определение пульса в исходном положении (положение стоя).** Испытуемый стоит. Подсчитывается ЧСС по пульсу за 1 мин. Измерения проводят несколько раз, пока не будут получены 2 одинаковые или очень близкие цифры показателя.

2. **Определение рефлекторной сердечной реакции.** Испытуемый отклоняет голову назад и в этом положении подсчитывается пульс за мин.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Полученные результаты занесите в таблицу 26.

Таблица 26

**Результаты рефлекторной реакции**

Состояние испытуемого	До пробы	После пробы
Пульс / мин		

2. Оцените результаты исследования, используя таблицу 27.

Таблица 27

**Типы реагирования при рефлексе Н. Орнера**

Тип реагирования	Нормотония	Ваготония	Симпатотония
Изменения пульса по отношению к исходному	Урежение на 4–8 уд./мин	Урежение более чем на 8 уд./мин	–

3. Заполните соответствующие столбцы в таблице 29.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** Отметьте индивидуальный уровень активности отделов ВНС у данного испытуемого.

**Работа № 4. Определение вегетативного индекса Кердо (ВИК)**

**Оборудование:** тонометр, фонендоскоп, секундомер.

**Ход работы:** 1. Определить АД и пульс за минуту в состоянии покоя (положение сидя).

2. Рассчитать ВИК по формуле:

$$\text{ВИК} = (1 - \text{ДД} / \text{ЧСС}) \times 100,$$

где ДД – диастолическое давление, величина которого отражает в известной мере сосудистый тонус, контролируемый ВНС;

ЧСС – частота пульса за 1 мин в состоянии покоя.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Оцените результаты исследования, используя таблицу 28:

Таблица 28

**Определение степени активности отделов ВНС по показателю ВИК**

Тип реагирования	Нормотония	Ваготония	Симпатотония
Величина ВИК	± 10	– 10	+ 10

3. Заполните соответствующие столбцы в таблице 29.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** отметьте индивидуальную степень активности отделов ВНС у данного испытуемого. Укажите центры и пути передачи эфферентных влияний на сердце и сосуды, основные влияния симпатического и парасимпатического отделов на эти органы.

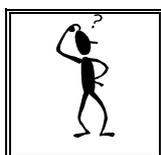
**Оценка индивидуальной реактивности вегетативной нервной системы человека на основе результатов функциональных вегетативных проб**

Таблица 29

Тип регуляции сердечно-сосудистой системы по данным функциональных проб

Тип регуляции	Нормотония	Ваготония	Симпатотония
Проба			
Ф. Шеллонга			
Б. Ашнера			
Н. Ортнера			
ВИК			

По материалам таблицы 29 сделайте общий вывод об индивидуальной реактивности вегетативной нервной системы человека.



**САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ**

**Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные отличия вегетативной нервной системы от соматической.
2. Перечислите основные отличия парасимпатической нервной системы от симпатической.
3. Где расположены центры парасимпатического и симпатического отделов ВНС?
4. Какого рода влияния оказывает на соматическую нервную систему вегетативная система?
5. Оказывает ли влияние на деятельность ВНС кора больших полушарий и мозжечок?

Поведение особи – это, во-первых, генетически детерминированная видо-специфическая программа, во-вторых, лабильная система конкретных адаптаций к меняющимся условиям. Каждый вид животного характеризуется особыми, видовыми поведенческими реакциями – безусловными рефлексам, передающимися по наследству и обеспечивающими не только сохранение жизни определенной особи, но и существование вида в естественной ему среде обитания. Такие поведенческие акты являются предметом изучения этологии и рассматриваются специалистами как целостные, неделимые комплексы фиксированных действий, формирующие основу инстинктивного поведения. Одна из главных черт инстинктивного поведения – его относительная стабильность, необходимая для обеспечения жизненно важных функций независимо от случайных, постоянно изменяющихся условий среды, в которых неизбежно оказывается любой представитель того или иного вида.

Однако генетически детерминированные реакции, отражающие накопленный в генофонде видовой опыт предшествующих поколений, оказываются недостаточными, чтобы обеспечить активное существование особи в меняющейся среде обитания. По мере усложнения окружающей среды и обогащения набора поведенческих реакций уменьшается прагматическая ценность видового опыта и возрастает значение приобретенного индивидуального опыта.

Обучение составляет предмет изучения физиологии, зоопсихологии, этологии. Обязательное для всех особей данного вида (облигатное) обучение носит неассоциативный характер, в значительной степени обусловленный набором факторов среды и не требующий непременно совпадения (ассоциации) внешних сигналов с той или иной деятельностью организма и ее результатами, т.е. является стимулзависимым. Такие формы обучения присущи организмам, находящимся на ранних стадиях филогенеза или онтогенеза. Выделены следующие основные формы неассоциативного обучения: суммационная реакция, привыкание, запечатление (импринтинг) и подражательное (имитационное) поведение.

По мере расширения спектра внешних воздействий в ходе эволюции и онтогенеза в организации поведения животных возрастает роль факторов, приобретающих определенное сигнальное значение в зависимости от ассоциации их с целостной биологической реакцией организма, ее эффективностью (ассоциатив-

ное, эффектзависимое обучение). Результативность такого обучения неодинакова для особей одного и того же вида (факультативное обучение). Формы ассоциативного обучения характеризуются совпадением какого-нибудь воспринимаемого индифферентного раздражителя – внешнего или внутреннего с деятельностью самого живого организма. К этому виду обучения можно отнести образование классического и инструментального условных рефлексов, включая обучение по типу проб и ошибок.

Высшие формы обучения, свойственные в большей степени взрослым животным с высокоразвитой нервной системой, опираются на свойство формировать целостный образ окружающей среды, на извлечение законов связи между отдельными ее компонентами (когнитивное обучение). На основе когнитивного обучения формируются такие сложные формы поведения, как психонервная деятельность, элементарная рассудочная деятельность, вероятностное прогнозирование.

**1**

## **Механизм и условия формирования условно-рефлекторной деятельности организма**

**занятие**

**Цель занятия:** изучить условия и механизмы образования условных рефлексов на основе теоретических положений и на примере выработки условных рефлексов.



### **САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ**

#### ***Необходимый исходный уровень знаний***

1. Понятие о низшей и высшей нервной деятельности. Роль И.М. Сеченова и И.П. Павлова в развитии учения о ВНД.
2. Условные рефлексы как форма приспособления к изменяющимся условиям существования. Сравнительная характеристика условного и безусловного рефлексов. Классификация условных рефлексов.
3. Механизмы образования и закрепления временной связи.
4. Торможение условных рефлексов. Виды торможения и их механизмы.

### **Рекомендуемая дополнительная литература**

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельянчик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

**Задание 1.** Объясните понятия: высшая нервная деятельность, низшая нервная деятельность, рефлекс, безусловный рефлекс, условный рефлекс, условный раздражитель, временная связь, рефлекторная дуга, I сигнальная система, II сигнальная система, безусловное торможение, условное торможение, угасательное, дифференцировочное, запаздывательное торможения, условный тормоз.

**Задание 2.** Познакомиться с особенностями формирования и протекания условных рефлексов, выработанных на раздражители первой сигнальной системы (Работы № 1, 2).

**Задание 3.** Познакомиться с особенностями формирования и протекания условных рефлексов, выработанных на раздражители второй сигнальной системы (Работа № 2, 3).

### ***Оборудование, необходимое на занятии***

Звонок, очковая оправа, стеклянная изогнутая трубка, резиновая трубка, груша для нагнетания воздуха, экран для затемнения глаза испытуемого, секундомер, настольная лампа, набор камертонов.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### **Работа № 1. Выработка и угасание условного мигательного рефлекса на звонок у человека**

Механическое раздражение роговицы и склеры вызывает безусловный мигательный рефлекс (смыкание век). Центр данного безусловного рефлекса находится в продолговатом мозге. На базе этого безусловного рефлекса можно выработать условный рефлекс. В качестве условного раздражителя может служить звонок.

***Объект исследования:*** человек.

***Оборудование:*** звонок, очковая оправа, стеклянная изогнутая и резиновая трубка, груша для нагнетания воздуха, экран для загораживания звонка и резиновой груши.

***Ход работы:***

1. Наденьте очки с закрепленной стеклянной и резиновой трубкой. Надавливая на резиновую грушу, направьте на наружный угол глаза струю воздуха. В ответ должна появиться защитная безусловно-рефлекторная реакция в виде мигания века (моргания). Если рефлекс не вызывается, следует изменить положение стеклянной трубки, добиваясь появления мигательного рефлекса при действии безусловного раздражителя (струи воздуха).

2. *Выработка условного мигательного рефлекса на звонок у человека.* Испытуемому предлагают сесть напротив экспериментатора. Экспериментатор

надевает очковую оправу испытуемому и берет в руки грушу для нагнетания воздуха. Рядом устанавливается звонок. Звонок, грушу и руки экспериментатора закрывают от испытуемого экраном. Надавливая на грушу, убедитесь, что в ответ наблюдается мигание. Включите звонок и убедитесь, что он является индифферентным раздражителем. Приступайте к выработке условного рефлекса. Первым раздражителем всегда должен быть звонок, а вторым – струя воздуха. Включите звонок и через 2–3 с нажмите на грушу, направляя струю воздуха в глаз. Через 1 мин снова включите звонок и нажмите на грушу и т.д. После 6–8 сочетаний при очередном включении звонка на грушу не нажимайте. Если условно-рефлекторная реакция отсутствует, опыт следует продолжать до тех пор, пока мигание не будет наступать только при действии первого раздражителя без струи воздуха. Подсчитайте, сколько сочетаний условного раздражителя с безусловным понадобилось для образования мигательного условного рефлекса. Для закрепления выработанного мигательного рефлекса повторить 2–3 сочетания звонка с обдуванием глаза воздухом и снова включение звонка не подкрепляйте условным раздражителем.

3. *Угасание условного мигательного рефлекса на звонок у человека.* После закрепления мигательного условного рефлекса продолжайте включать условный раздражитель, но не подкрепляйте его. Подсчитайте, сколько потребуются повторений включения условного раздражителя до исчезновения рефлекса. Скорость угасания условного рефлекса определяется силой процесса внутреннего торможения.

***Рекомендации к оформлению результатов работы:***

1. Полученные результаты занесите в таблицу 30.
2. Определить, после какого числа сочетаний выработан условный рефлекс и после скольких неподкреплений он был угашен.
3. Опишите рефлекторную дугу условного мигательного рефлекса на звонок у человека.

***Выводы и обсуждение результатов работы:*** оцените силу процессов возбуждения по числу сочетаний, необходимых для выработки рефлекса, и силу процессов торможения по числу неподкреплений, достаточных для угасания рефлекса. Рассмотрите основные физиологические механизмы образования условного рефлекса на раздражители первой сигнальной системы.

**Результаты выработки и угасания  
условного мигательного рефлекса на звонок у человека**

№ сочетания	Раздражитель	Безусловный раздражитель	Безусловная реакция	Условная реакция
Выработка условного рефлекса				
1	Звонок	–		
2	Звонок	+		
...				
8	Звонок	–		
Закрепление условного рефлекса				
9	Звонок	+		
10	Звонок	+		
11	Звонок	+		
Угасание условного рефлекса				
12	Звонок	–		
13	Звонок	–		

**Работа № 2. Выработка условного вегетативного зрачкового  
рефлекса на звонок и на слово «звонок» у человека**

У человека, в отличие от животных, условные рефлексы могут вырабатываться не только на явления и предметы окружающего мира, т.е. на раздражители первой сигнальной системы, но и на смысловое значение слова, т.е. на раздражитель второй сигнальной системы. Другими словами, у человека условные рефлексы могут вырабатываться как в первой, так и во второй сигнальных системах.

Условные рефлексы второй сигнальной системы вырабатываются, как правило, на базе условных рефлексов первой сигнальной системы. При этом если вырабатывается на какой-то раздражитель новый условный рефлекс в первой сигнальной системе, то слово, обозначающее этот раздражитель, может вызвать такой же рефлекс без специальной выработки данного рефлекса на это слово, т.е. этот условный рефлекс одновременно оказывается выработанным уже и во второй сигнальной системе. Убедиться в этом можно на примере выработки условного зрачкового рефлекса на звонок и на слово «звонок», когда од-

новременно вырабатываются рефлексy и в первой и во второй сигнальных системах.

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** звонок, ручной экранчик для затемнения глаза испытуемого, секундомер, настольная лампа.

**Ход работы:** 1. *Выбор испытуемого с четкой зрачковой реакцией на свет и светлой окраской радужной оболочки глаза:* усадите испытуемого лицом к окну или настольной лампе. Предложите испытуемому закрыть один глаз ладонью и поочередно, то закрывая, то открывая второй глаз экранчиком, убедитесь в наличии зрачкового рефлекса на свет (при закрытии глаза экранчиком зрачок расширяется, а при открытии – сужается).

2. *Выработка условного вегетативного зрачкового рефлекса на звонок у человека в первой сигнальной системе.* Включите звонок и громко произнесите слово «звонок», убеждаясь в их индифферентности по отношению к зрачковому рефлексу. После этого приступайте к выработке условного зрачкового рефлекса у человека на звонок. Включите звонок и сразу же закройте глаз испытуемого экранчиком. Через 20–30 сек. включите звонок и откройте глаз (во время всего опыта второй глаз испытуемого остается закрытым ладонью). Через одну минуту снова включите звонок и закройте глаз экранчиком на 20–30 сек. и т.д. Сделайте 10–12 таких сочетаний, затем очередное включение не сопровождайте затемнением глаза экранчиком. Наблюдается расширение зрачка, несмотря на освещение глаза светом, т.е. можно говорить о наличии условного зрачкового рефлекса на звонок.

3. *Обнаружение условного зрачкового рефлекса на слово «звонок».* Закрепите условный зрачковый рефлекс на звонок, повторяя сочетание раздражителей несколько раз. Затем вместо включения звонка громко произнесите слово «звонок», но не затемняйте глаза испытуемого. Наблюдайте расширение зрачка.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

1. Полученные результаты занесите в таблицу 31.
2. Определите, после какого числа сочетаний выработан условный рефлекс, и после скольких неподкреплений он угасал.
3. опишите рефлекторные дуги вегетативного условного зрачкового рефлекса на звонок.

**Результаты выработки условного зрачкового рефлекса  
на звонок и на слово «звонок» у человека**

№ сочетания	Раздражитель	Безусловный раздражитель	Безусловная реакция	Условная реакция
Выработка условного рефлекса первой сигнальной системы				
1	Звонок	–		
2	Звонок	+		
...				
12	Звонок	-		
Закрепление условного рефлекса				
13	Звонок	+		
14	Звонок	+		
15	Звонок	+		
Выработка условного рефлекса второй сигнальной системы				
16	Слово «звонок»	–		

**Выводы и обсуждение результатов работы:** оцените силу процессов возбуждения по числу сочетаний, необходимых для выработки рефлекса. Рассмотрите основные физиологические механизмы одновременного образования условных рефлексов как в первой сигнальной системе, так и во второй.

**Работа № 3. Выработка условного рефлекса у человека  
на раздражители второй сигнальной системы (словесная команда)**

**Объект исследования:** человек.

**Оборудование:** секундомер.

**Ход работы:** 1. Трижды подсчитать частоту пульса у испытуемого в состоянии покоя.

2. *Выработка условного рефлекса.* Испытуемому подается команда «начать работу», после которой испытуемый делает 15 приседаний за 20 с. По команде «прекратить работу» испытуемый садится, и у него подсчитывается частота пульса через каждую минуту (1, 2, 3-ю) до восстановления исходной частоты. Производят не менее 4–6 сочетаний команды «начать работу» (условный сигнал второй сигнальной системы) и нагрузки в виде приседаний (безусловное подкрепление). Затем экспериментатор подает команду «начать работу» и сразу же команду – «прекратить работу». Определяется частота пульса после команды, не подкрепленной физической нагрузкой.

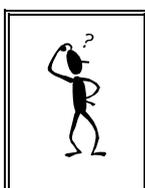
**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Полученные результаты занесите в таблицу 32.

**Результаты выработки условного рефлекса у человека  
на раздражитель второй сигнальной системы**

№ сочетаний	Словесная команда	Физическая нагрузка	Частота пульса			Наличие условного рефлекса
			1	2	3	
Исходное состояние						
1	+	+				
2	+	+				
...	...	...				
6	+	+				
7	+	-				

2. Определить, после какого числа сочетаний выработан условный рефлекс, и после скольких неподкреплений он угас.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** оцените силу процессов возбуждения по числу сочетаний, необходимых для выработки рефлекса, и силу процессов торможения по числу неподкреплений, достаточных для угасания рефлекса. На основе числа сочетаний между словом-сигналом и подкреплением укажите тесноту связи между второй и первой сигнальными системами. Укажите различия между раздражителями первой и второй сигнальными системами. Отметьте преимущества раздражителей второй сигнальной системы.



### САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

#### **Контрольные вопросы**

1. Каково значение условной связи в приспособлении человека и животных к окружающей среде?
2. Чем условные рефлексы отличаются от безусловных?
3. Какие физиологические процессы лежат в основе замыкания временной связи? Дайте им характеристику.
4. Каковы особенности выработки условных рефлексов на основе второй сигнальной системы?

#### **Контрольные задачи**

1. Какой физиологический механизм лежит в основе так называемого «фальстарта» – попытки спортсмена взять старт раньше, чем последует сигнал?

2. Можно ли при помощи метода условных рефлексов установить, что человек симулирует глухоту?

3. Предложите схему эксперимента, доказывающего, что внутренние органы, например, почка, может управляться сигналами, поступающими из коры больших полушарий головного мозга.

4. Докажите, что на ранних стадиях выработки условных рефлексов происходит иррадиация возбуждения в коре головного мозга.

5. Как в эксперименте с человеком доказать наличие явления обобщения во второй сигнальной системе, используя метод условных рефлексов?

6. Докажите на примерах, что рефлекс – основной акт нервной деятельности.

7. Опишите современные представления о механизмах закрепления временной связи.

8. Покажите на примерах биологическое значение безусловного торможения условных рефлексов.

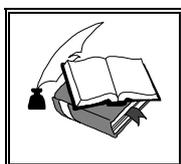
9. Дайте характеристику угасательного и запаздывательного торможения условных рефлексов.

## 2

### занятие

## Типологические особенности высшей нервной деятельности человека

**Цель занятия:** на основе теоретических положений и результатов тестовых оценок дать характеристику индивидуальным типологическим особенностям ВНД.



### САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

#### *Необходимый исходный уровень знаний*

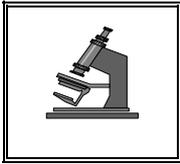
1. Физиологическое обоснование выделения различных типов высшей нервной деятельности на основе свойств нервных процессов.

2. Качественное своеобразие высшей нервной деятельности человека. Вторая сигнальная система, ее соотношение с первой сигнальной системой. Особенности слова как раздражителя.

3. Физиологическое обоснование выделения личностных свойств – экстраверсия, интраверсия, нейротизм.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: высшая нервная деятельность, условный рефлекс, ассоциация, тип нервной системы, сила, уравновешенность, подвижность нервных процессов, экстравертированность, интравертированность, первая сигнальная система, вторая сигнальная система.

**Задание 2.** Определить индивидуальные типологические особенности ВНД на основе тестовой оценки свойств нервной системы и по психомоторным показателям.

**Задание 3.** Определить преобладание I или II сигнальной системы на основе ассоциативного эксперимента.

**Задание 4.** Определить тип ВНД по классификации К.Г. Юнга и Г.Ю. Айзенка.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

---

### Работа № 1. Оценка свойств нервной системы

**Оборудование:** комплект тестов для оценки свойств нервной системы.

**Ход работы:** на каждый вопрос трех предложенных тестов дайте однозначный ответ: «да» или «нет». Положительный ответ «да» соответствует 1 баллу, а отрицательный «нет» равнозначен 0.

#### *Тест Т-1*

#### *Оценка силы – слабости нервной системы*

1. Обладаете ли Вы очень высокой работоспособностью?
2. Наблюдаете ли Вы у себя повышенную утомляемость?
3. Легко ли переносите длительные физические нагрузки?
4. Избегаете ли Вы шумных, азартных, спортивных игр?
5. Настойчивы ли Вы в преодолении жизненных трудностей?
6. Часто ли Вам хочется отказаться от намеченных планов, целей?
7. Свойственна ли Вам большая активность, самостоятельность?
8. Трудно ли Вы сходитесь с незнакомыми людьми?
9. Часто ли Вы меняете интересы, увлечения?

10. Испытываете ли Вы сомнения в правильности выбранного пути?
11. Всегда ли Вам удается достичь намеченной цели?
12. Легко ли Вы отвлекаетесь на посторонние разговоры, шумы?
13. Способны ли Вы к длительному вниманию при решении трудных задач?
14. Проявляете ли Вы осторожность и предусмотрительность в необычной ситуации?
15. Способны ли Вы действовать напористо, без обдумывания?
16. Вызывают ли жизненные неудачи у Вас разочарование?
17. Считаете ли Вы себя беззаботным человеком?
18. Любите ли Вы анализировать свои переживания, чувства?
19. Испытываете ли Вы огромную радость при успехах, выигрышах?
20. Долго ли Вы помните обиду и обидчика?
21. Легко ли Вы переносите голод, жажду и другие лишения?
22. Сразу ли Вы отказываетесь от намеченного при первых неудачах?
23. Предпочитаете ли Вы действовать, чем строить планы?
24. Всегда ли Вы нервничаете, когда ждете важных новостей?
25. Являются ли для Вас радость и оптимизм преобладающими в настроении?

### ***Тест Т-2***

#### ***Оценка подвижности – инертности нервной системы***

1. Всегда ли Вы активно отстаиваете свою точку зрения, спорите?
2. Спокойно ли Вы реагируете на критические замечания?
3. Любите ли Вы руководить людьми?
4. Стараетесь ли Вы избегать рискованных ситуаций?
5. Легко ли Вы отказываетесь от своих привязанностей?
6. Можно ли Вас назвать терпеливым человеком?
7. Быстро ли Вы реагируете на сигналы, требования?
8. Спокойно ли Вы переносите состояние бездеятельности?
9. Легко ли Вы ориентируетесь в сложных условиях?
10. Долго ли Вы продумываете предстоящую деятельность?
11. Быстро ли Вы осуществляете переход от мыслей к действиям?
12. Вам легко испортить настроение?
13. Доставляет ли Вам удовольствие общественная работа?
14. Часто ли Вы соглашаетесь с доводами товарищей?
15. Стараетесь ли Вы быстро выполнить работу?

16. Все ли Вы учитываете, когда планируете свою работу?
17. У Вас быстрый темп речи?
18. Любите ли Вы помедлить перед важным делом?
19. Часто ли Вы нервничаете?
20. Нравится ли Вам длительная кропотливая работа?
21. Любите ли Вы проверять себя на смелость?
22. Вызывают ли у Вас раздражение неожиданные изменения Ваших планов?
23. Легко ли Вы приобретаете друзей и новые привычки?
24. Считаете ли Вы себя осторожным человеком?
25. Говорите ли Вы иногда то, что пришло в голову первым?

### **Тест Т-3**

#### ***Оценка уравновешенности – неуравновешенности нервной системы***

1. Всегда ли Вы проявляете сдержанность с невоспитанным человеком?
2. Часто ли у Вас бывают поводы для раздражения?
3. Можно ли Вас назвать хладнокровным человеком?
4. Часто ли Вы теряете сон из-за чувства тревоги?
5. Свойственно ли Вам терпение и постоянство?
6. Легко ли Вы отвлекаетесь от интересной работы?
7. Трудно ли Вас вывести из душевного равновесия?
8. Верно ли, что Вас легко обидеть и задеть?
9. Свойственно ли Вам мужество в условиях вынужденного ожидания?
10. Часто ли у Вас бывают спады и подъемы настроения?
11. Хорошо ли Вы владеете своими чувствами и умеете ли не показывать свои переживания?
12. Держитесь ли Вы обычно смело на вечеринках?
13. Способны ли Вы быстро прощать людям грубость?
14. Часто ли Вы чувствуете себя неловко в незнакомом обществе?
15. У Вас «олимпийское» спокойствие?
16. Чувствуете ли Вы себя иногда счастливым, а иногда несчастным без определенной причины?
17. Способны ли Вы в работу вложить «всю душу», не замечая никого?
18. Правда ли, что Вы очень самолюбивы и честолюбивы?
19. Обладаете ли Вы большой усидчивостью?
20. Нравится ли Вам юмор?

21. Можно ли Вас назвать солидным человеком?
22. Бывают ли у Вас приступы страха и неуверенности в себе?
23. Всегда ли Вы уверены в своих силах?
24. Нуждаетесь ли Вы в постоянной поддержке?
25. Относитесь ли к своим недостаткам равнодушно?

**Обработка результатов** тестирования осуществляется с помощью формулы:

$$T_x = (C_{\text{сун}} + C_{\text{соч}}) - (C_{\text{сон}} + C_{\text{суч}}),$$

где  $T_x$  – соответствующее свойство нервной системы, определяемое по тестам Т-1, Т-2, Т-3;

$C_{\text{сун}}$  – сумма утверждений на вопросы нечетной нумерации теста;

$C_{\text{соч}}$  – сумма отрицаний на вопросы четной нумерации теста;

$C_{\text{сон}}$  – сумма отрицаний на вопросы нечетной нумерации теста;

$C_{\text{суч}}$  – сумма утверждений на вопросы четной нумерации теста.

#### **Анализ результатов:**

1. Если  $T_x$  – положительная величина, то в первом тесте это означает, что у испытуемого преобладает сила нервных процессов, во втором – подвижность, в третьем – уравновешенность нервной системы.

2. Если  $T_x$  – отрицательная величина, то в первом тесте это указывает на слабость нервной системы, во втором – на инертность, в третьем – на неуравновешенность нервной системы.

3. Чем больше абсолютное значение  $T_x$ , тем выраженнее данное свойство. При значении тестов в пределах 1–3 по абсолютной величине тип темперамента – неопределенный и требуется дополнительная проверка.

4. Соотнесите типологические особенности по И.П. Павлову с классификацией типов по Гиппократу.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** занесите в протокол числовые значения, полученные при исследовании типологических свойств личности. Сделайте заключение о типе ВНД испытуемого.

### **Работа № 2. Определение силы нервных процессов по психомоторным показателям (при помощи теппинг-теста)**

Тест предложен Е.П. Ильиным в качестве экспресс-метода, не требующего специальных условий проведения и аппаратуры.

**Оборудование:** стандартные бланки – листы бумаги, разделенные на 6 равных прямоугольников (по 3 в ряд), секундомер, карандаш.

**Ход работы:** по сигналу экспериментатора вы должны в прямоугольниках бланка проставить точки с максимальной скоростью в течение 5 сек в каждом. Общая продолжительность работы 30 сек. Переход с одного прямоугольника на другой осуществляется по команде экспериментатора, не прерывая работы, и только по часовой стрелке. Опыт проводится последовательно сначала правой, а затем левой рукой. Перед началом работы карандаш необходимо ставить не в первом прямоугольнике, а перед ним.

Экспериментатор подает сигнал: «Начали», а затем через каждые 5 сек дает команду: «Перейти на другой квадрат». В конце работы звучит команда: «Стоп».

**Обработка результатов:**

1. Подсчитать количество точек в каждом квадрате.
2. Построить график работоспособности, для чего отложить на оси абсцисс 5-секундные промежутки времени, а на оси ординат – количество точек в каждом квадрате.

**Анализ результатов:** сила нервных процессов является показателем работоспособности нервных клеток и нервной системы в целом. Сильная нервная система выдерживает большую по величине и длительности нагрузку, чем слабая. Варианты динамики максимального темпа могут быть условно разделены на 5 типов:

- *Выпуклый тип:* темп нарастает до максимального в первые 10–15 сек работы; в последующем, к 25–30 сек, он может опуститься ниже исходного уровня. Этот тип кривой свидетельствует о сильной нервной системе.

- *Ровный тип:* максимальный темп удерживается на одном уровне в течение всех 30 сек, что соответствует нервной системе средней силы.

- *Нисходящий тип:* максимальный темп снижается уже со второго 5-секундного отрезка и остается на этом уровне. Этот тип свидетельствует о слабой нервной системе.

- *Промежуточный тип:* темп работы снижается после первых 10–15 сек. Средне-слабая нервная система.

- *Вогнутый тип:* первоначальное снижение максимального темпа сменяется затем кратковременным возрастанием темпа до исходного уровня. Средне-слабая нервная система.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** полученные данные в соответствии с вышеуказанной схемой записать в тетрадь. Провести их анализ и сделать соответствующие выводы об индивидуальных особенностях ВНД испытуемого.

### **Работа № 3. Ассоциативный эксперимент**

Ассоциативный эксперимент применяется для обнаружения условных рефлексов на словесные раздражители. Этот способ изучения высшей нервной деятельности человека не предполагает формирования новых условных рефлексов, но позволяет выявить характер и многообразие сложившихся в течение индивидуальной жизни условных связей, отражающих различные формы соотношения сигнальных систем.

**Оборудование:** карточки с записанными в столбик 20 словами – существительными (исследуемый не должен быть с ними знаком), секундомер.

**Ход работы:** 1. Составьте карточки из 20 слов – существительных.

2. Экспериментатор произносит каждое из них, а испытуемый должен быстро ответить на каждый словесный раздражитель первым пришедшим в голову словом – ассоциацией.

3. Зарегистрируйте ответы испытуемого и время, необходимое для возникновения ассоциации (латентный период).

**Анализ результатов** можно провести по нескольким позициям:

1. *Богатство временных связей.* Если слова-ассоциации по всем предложенным испытуемому раздражителям ни разу не повторились, можно говорить о большом разнообразии временных связей, их богатстве.

2. *Типы ВНД.* Характер ответного слова является показателем какой-то степени преобладания у данного человека одной или другой сигнальной системы. Так, если на конкретные слова-раздражители даются обобщенные абстрактные ответы, можно говорить об относительном преобладании второй сигнальной системы и о *мыслительном типе ВНД* испытуемого. Конкретные образные ответы свидетельствуют о большем удельном весе первой сигнальной системы и о *художественном типе ВНД*. Для *среднего типа ВНД* характерны в равной мере образные и абстрактные ассоциации.

3. *Проявление торможения.* Слова, на которые ассоциации возникают через 8–10 сек. и более, являются для испытуемого условным тормозом.

4. *Работоспособность.* Если латентный период колеблется в пределах 1–3 сек., можно считать, что работоспособность испытуемого хорошая. Если же

этот период составляет более 3-х сек. и постепенно возрастает от первых слов до последних, то работоспособность может оцениваться как низкая.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** Полученные результаты занести в таблицу 33.

Таблица 33

**Результаты ассоциативного эксперимента**

Слова, предложенные исследуемому (20 слов)	Слова-ассоциации	Латентный период, сек.
Зима	Время года	3
Цветок	Ромашка	1
Кукла	Игрушка	2
...		

Произвести анализ полученных данных в соответствии с вышеуказанной схемой и сделать выводы об индивидуальных особенностях ВНД исследуемого.

**Работа № 4. Определение личностных черт – экстраверсии, интроверсии и нейротизма**

**Оборудование:** личностный опросник Г. Айзенка.

Личностный опросник Г. Айзенка

1. Часто ли Вы испытываете тягу к новым впечатлениям, к тому, чтобы «встряхнуться», испытать возбуждение?
2. Часто ли Вы нуждаетесь в друзьях, которые Вас понимают, могут ободрить или утешить?
3. Вы человек беспечный?
4. Не находите ли Вы, что Вам очень трудно отвечать «нет»?
5. Задумываетесь ли Вы перед тем, как что-либо предпринять?
6. Если Вы обещаете что-то сделать, всегда ли Вы сдерживаете свои обещания (независимо от того, удобно Вам это или нет)?
7. Часто ли у Вас бывают спады и подъемы настроения?
8. Обычно Вы поступаете и говорите быстро, не раздумывая?
9. Часто ли Вы чувствуете себя несчастным человеком без достаточных на то причин?
10. Сделали бы Вы почти все, что угодно, на спор?
11. Возникает ли у Вас чувство робости и смущения, когда Вы хотите завести разговор с симпатичным(ой) незнакомцем(кой)?

12. Выходите ли Вы иногда из себя, злитесь?
13. Часто ли Вы беспокоитесь из-за того, что сделали или сказали что-нибудь такое, чего не следовало делать или говорить?
14. Предпочитаете ли Вы обычно книги встречам с людьми?
15. Легко ли Вас обидеть?
16. Любите ли Вы часто бывать в компании?
17. Бывают ли у Вас иногда мысли, которые хотелось бы скрыть от других?
18. Верно ли, что Вы иногда полны энергии так, что все горит в руках, а иногда совсем вялы?
19. Предпочитаете ли Вы иметь поменьше друзей, но зато особенно близких Вам?
20. Часто ли Вы мечтаете?
21. Когда на Вас кричат, Вы отвечаете тем же?
22. Часто ли Вас беспокоит чувство вины?
23. Все ли Ваши привычки хороши и желательны?
24. Способны ли Вы дать волю своим чувствам и повеселиться в компании?
25. Считаете ли Вы себя человеком возбудимым и чувствительным?
26. Считают ли Вас человеком живым и веселым?
27. Часто ли сделав какое-нибудь важное дело, Вы испытываете чувство, что могли бы сделать еще лучше?
28. Вы больше молчите, когда находитесь в обществе других?
29. Вы иногда сплетничаете?
30. Бывает ли иногда, что Вам не спится из-за того, что разные мысли лезут в голову?
31. Очень ли Вы чувствительны к некоторым вещам?
32. Если Вы хотите узнать о чем-нибудь, то Вы предпочитаете прочитать об этом в книге, нежели спросить?
33. Бывает ли у Вас сердцебиение?
34. Нравится ли Вам работа, которая требует от Вас постоянного внимания?
35. Бывают ли у Вас приступы дрожи?
36. Всегда ли Вы платили за провоз багажа на транспорте, если не опасались проверки?

37. Вам неприятно находиться в обществе, где подшучивают друг над другом?

38. Раздражительны ли Вы?

39. Нравится ли Вам работа, которая требует быстроты действия?

40. Волнуетесь ли Вы по поводу каких-то неприятных событий, которые могли бы произойти?

41. Вы ходите медленно и неторопливо?

42. Вы когда-нибудь опаздывали на совещание или на работу?

43. Часто ли Вам снятся кошмары?

44. Верно ли, что Вы любите поговорить, что никогда не упустите возможность побеседовать с незнакомым человеком?

45. Беспокоят ли Вас какие-нибудь боли?

46. Вы бы чувствовали себя несчастным, если бы длительное время были лишены широкого общения с людьми?

47. Можете ли Вы себя назвать нервным человеком?

48. Есть ли среди Ваших знакомых люди, которые Вам явно не нравятся?

49. Можете ли Вы сказать, что Вы весьма в себе уверенный человек?

50. Вы считаете, что трудно получить настоящее удовольствие от вечеринки?

51. Легко ли Вы обижаетесь, когда люди указывают на Ваши ошибки в работе или на Ваши личные промахи?

52. Беспокоит ли Вас чувство, что Вы чем-то хуже других?

53. Легко ли Вам внести оживление в довольно скучную компанию?

54. Бывает ли, что Вы говорите о вещах, в которых не разбираетесь?

55. Беспокоитесь ли Вы о своем здоровье?

56. Любите ли Вы подшучивать над другими?

57. Страдаете ли Вы от бессонницы?

**Ход работы:** работа проводится одновременно со студентами всей группы. Преподаватель, не давая много времени на обдумывание, зачитывает 57 вопросов из личностного опросника Н. Айзенка. Студенты, прослушав вопрос, должны ответить на него в форме «Да», «Нет» или «+», «-». Отметки ставятся в регистрационном бланке против соответствующего номеру вопроса теста по трем шкалам: 1) Э – экстраверсия, 2) Н – нейротизм, 3) Л – ложь. Затем, используя ключ опросника, подсчитывают число совпадающих ответов по шкале.

**Анализ результатов:** результаты оцениваются с помощью специального ключа.

*Ключ*

Экстраверсия		Нейротизм	Ложь	
Ответы «да»	Ответы «нет»	Ответы «Да»	Ответы «да»	Ответы «нет»
1, 3, 8, 10, 17, 22, 25, 27, 39, 44, 46, 49, 53, 56	5, 13, 15, 20, 29, 32, 34, 37, 41, 51	2, 4, 7, 9, 11, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 28, 31, 33, 35, 38, 40, 43, 45, 47, 50, 52, 55, 57	6, 24, 36	12, 18, 30, 42, 48, 54

1. *Определение* уровня нейротизма: если количество положительных результатов больше 14, уровень нейротизма оценивают как высокий; 10–13 – средний; менее 9 – низкий;

2. *Определение экстравертированности/интравертированности*

Таблица 34

Интраверт стабильный, флегматик	Экстраверт стабильный, сангвиник	Интраверт нестабильный, меланхолик	Экстраверт нестабильный, холерик
$H \leq 12; Э \leq 12$	$H \leq 12; Э = 13-24$	$H = 13-24; Э \leq 12$	$H=13-24; Э=13-24$

3. О выраженности *лживости* можно судить, если количество совпадающих с ключом ответов 7 и более. В этом случае результаты тестирования признаются недействительными.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** полученные данные в соответствии с вышеуказанной схемой записать в тетрадь. Провести их анализ и сделать соответствующие выводы об индивидуальных типологических особенностях психонервной деятельности человека.



**САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ**

**Контрольные вопросы**

1. Назовите отличительные особенности реакции человека на сигналы I или II сигнальных систем.
2. Какие свойства нервных процессов лежат в основе деления животных и человека по типам нервной деятельности? Чем они характеризуются?

### **Контрольные задачи**

1. И.П. Павлов описал случай психического расстройства у студента, который после окончания духовной семинарии поступил на медицинский факультет университета. По рекомендации врачей юношу перевели на гуманитарный факультет. После этого постепенно восстановилось нормальное состояние, и он смог продолжать обучение. К какому типу ВНД можно отнести данного человека. Ответ обоснуйте.

2. В литературе описаны случаи, когда у людей, вынужденных скрывать от близких родственников их тяжелое заболевание, возникало нервное расстройство. Какой преимущественно тип нервной системы можно предположить у этих людей? Ответ обоснуйте.

### **Контрольные задания**

1. Дайте физиологическое обоснование пословице: «В лесу лес не ровен, а в миру – люди».

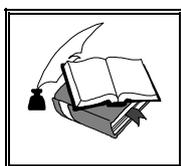
2. Какие структуры головного мозга обуславливают классификацию типов ВНД по Н. Айзенку.

## **3**

### **Физиологические особенности психической деятельности**

занятие

**Цель занятия:** выявить взаимосвязи физиологических процессов и психической деятельности на основе изучения условных рефлексов высшей сложности (мышления, памяти, внимания).



### **САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ**

#### **Необходимый исходный уровень знаний**

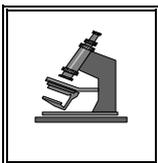
1. Аналитико-синтетическая и системная деятельность коры больших полушарий.

2. Поведенческая реакция организма – как интегративная деятельность мозга.

3. Условные рефлексы высшего порядка. Физиологические процессы, лежащие в основе их формирования (явления генерализации, доминанты, принцип общего конечного пути и т.д.).

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Дать понятия: восприятие, внимание, память, кратковременная память, долговременная память, запечатление, хранение, воспроизведение, сознание, сознательное, бессознательное, мышление, речь, первая сигнальная система, вторая сигнальная система, сон, эмоции.

**Задание 2.** Определить индивидуальные особенности восприятия (Работа № 1).

**Задание 3.** Определить индивидуальные особенности внимания (Работа № 2).

**Задание 4.** Определить индивидуальные особенности памяти (Работа № 3).

**Задание 5.** Определить индивидуальные особенности функциональной асимметрии (Работа № 4).

### ***Оборудование, необходимое на занятии***

Акварельная кисточка, две одинаковые гирьки весом 100–150 г, секундомер.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

---

### ***Исследование индивидуальных особенностей восприятия***

*Восприятие* – это психический процесс отражения в сознании целостных образов, предметов или явлений при непосредственном воздействии их на органы чувств. Восприятие начинается с рецепторов и заканчивается в высших отделах ЦНС. Первичный корковый анализ сенсорной информации осуществляется в соответствующих проекционных зонах коры. Затем в ассоциативных зонах коры поступающая информация сопоставляется с хранящимися в памяти образами, происходит ее узнавание; у человека она может отражаться в речи, т.е. осознаваться.

#### **Работа № 1. Оценка объема зрительного восприятия**

**Оборудование:** 20 карточек (15×15 см), на которых неравномерно нанесены от 3 до 10 кружочков или точек по всей поверхности и регистрационные бланки (рис. 24), секундомер.

**Ход работы:** 1. Испытуемому на короткое время (300–500 мс) предъявляют зрительный материал (одну из 20 карточек).

2. После предъявления карточек испытуемому предлагают письменно воспроизвести в течение 10–20 с материал, который он успел увидеть.

3. Работу повторяют 10–15 раз с различными карточками. При предъявлении карточек с кружочками каждую карточку рекомендуется предъявлять дважды.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

**Обработка результатов:** 1. Подсчитать количество правильно воспроизведенных знаков по каждому предъявлению (максимальное количество правильно воспроизведенных знаков – 16).

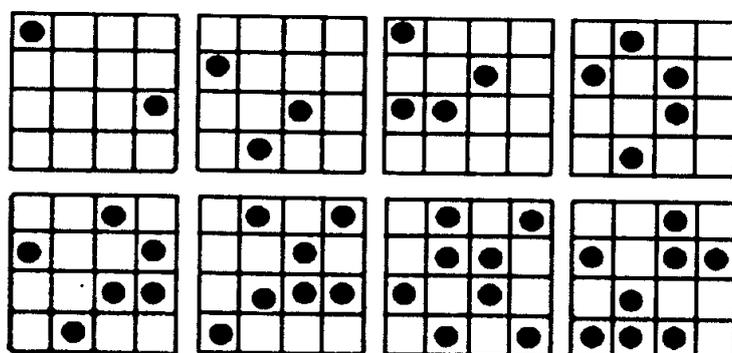


Рис. 24. Образец тест-задания для определения объема восприятия

2. Рассчитать среднее количество правильно воспроизведенных знаков по 10–15 предъявлениям.

**Анализ результатов:** результаты исследования оцениваются в баллах по таблице 35.

Таблица 35

**Объем зрительного восприятия**

Показатель	Оценка в баллах								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Количество воспроизведенных знаков	16	15	13	11	10	9	6	4	3

**Выводы и обсуждение результатов работы:** на основании проведенных исследований сделайте вывод об индивидуальном объеме зрительного восприятия. Сравните между собой результаты всех испытуемых. Определите наибольший объем восприятия в группе.

## **Методики исследования индивидуальных особенностей внимания**

*Внимание* – сосредоточенность или избирательная направленность психической деятельности человека или высших позвоночных на определенный объект, значимый в данный момент. Под направленностью понимают избирательный характер психической активности, а под сосредоточенностью – углубление в данную деятельность. Функция внимания в фило- и онтогенезе развивается на базе врожденного ориентировочного рефлекса, направленного на создание в организме условий для восприятия изменений во внешней среде. Внимание проявляется в локальной активации определенного участка коры больших полушарий головного мозга в разной степени и торможении остальных зон коры.

### **Работа № 2. Исследование объема, распределения, переключения и устойчивости внимания**

#### **А. Исследование объема внимания**

**Оборудование:** таблица с изображением в случайном порядке цифр от 101 до 136 (все цифры нарисованы одной краской на листе формата А4), секундомер или часы с секундной стрелкой, карандаш.

**Ход работы:** испытуемый должен зачеркнуть все цифры по порядку от 101 до 136, делая это как можно быстрее. Время от начала работы до ее окончания фиксируется секундомером.

Перед работой испытуемому дают инструкцию с заданием: «В каждом квадрате в случайном порядке «разбросаны» числа от 101 до 136. Вам предстоит их найти в порядке возрастания – сначала 101, затем 102, 103 и т.д., до 136 (каждое найденное число зачеркивается карандашом)». Работу следует начать по команде «Начали».

**Оценка результатов:** 1. Определить объем внимания по формуле:

$$\text{Объем внимания} = 648 / \text{время работы в секундах}$$

**Анализ результатов:** сравните полученные данные с табличными:

#### **Оценка показателей объема внимания**

Показатель объема внимания	Оценка показателя
Более 6	Высокий показатель
4–6	Средний
Менее 4	Низкий

### **Б. Исследование распределения внимания.**

#### **Методика «Расстановка чисел»**

**Оборудование:** бланк с изображением двух квадратов, каждый из которых разделен на 25 клеток. В клетках верхнего квадрата расположены в случайном порядке числа от 1 до 99 (значительная часть чисел пропущена). Клетки нижнего квадрата свободны. Секундомер.

#### **Образец бланка для методики «Расстановка чисел»**

16	37	98	29	54						
80	32	46	59	35						
43	21	8	40	2						
65	84	99	7	77						
13	67	60	34	18						

**Ход работы:** испытуемый должен переписать числа левого квадрата в клетки правого квадрата слева направо в возрастающей последовательности, делая это как можно быстрее. На выполнение задания дается 2 мин. Экспериментатор дает команду «Начали» и по окончании работы говорит «Стоп».

**Обработка результатов:** подсчитать количество правильно переписанных чисел. Исправления считаются ошибкой.

### **В. Исследование переключения внимания**

**Оборудование:** чистый лист бумаги, карандаш (ручка), секундомер.

**Ход работы:** испытуемый должен с максимальной для себя скоростью производить сложение двух однозначных чисел и подготовку новых чисел для последующего сложения двумя различными способами, меняющимися каждую минуту. Работа по сложению первым способом продолжается в течение 1 мин (время экспериментатор фиксирует по секундомеру). Затем задание меняется на второй способ сложения, который продолжается тоже 1 мин. Общая продолжительность работы до 10 мин. Работа начинается по сигналу «Начали» и оканчивается по сигналу «Стоп». Переход с одного способа сложения на другой осуществляется по сигналам «Первый способ», «Второй способ» соответственно.

**1 способ:** сложив 2 числа, сумму писать рядом с верхним числом, а верхнее из двух предыдущих слагаемых писать внизу (десятки не пишутся).

Например:            2 6 8 4 2 6  
                              4 2 6 8 4

2 способ: сумму пишут рядом с нижним числом, а нижнее из предыдущих слагаемых переносят наверх.

Например:            1 2 3 5 8 3 1  
                              2 3 5 8 3 1 4

**Анализ результатов:** о быстром переключении внимания говорит производительность в 20 и более сложений в минуту, а замедленном – ниже 10.

### Г. Исследование устойчивости внимания

**Оборудование:** секундомер, рисунок с двойственным изображением (рис. 25).

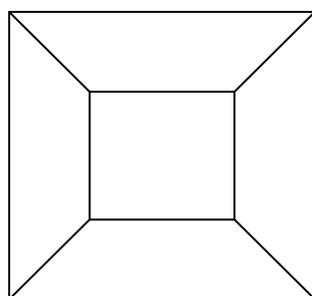


Рис. 25. Рисунок с двойственным изображением

**Ход работы:** внимательно присмотритесь к рисунку с двойственным изображением, например, проекция усеченной пирамиды. Вы заметите, что вершина пирамиды то обращается к зрителю, то уходит от него вглубь. Испытуемый в течение 30 с смотрит на пирамиду. При каждом изменении изображения он делает в тетради штрих (не глядя). Начало и конец опыта устанавливает экспериментатор, следящий за секундомером. Прodelайте эксперимент несколько раз.

**Обработка результатов:** по окончании опыта сосчитайте количество штрихов. Для оценки уровня колебаний внимания в минуту полученное число увеличьте в 2 раза. Полученное число удвойте.

**Анализ результатов:** сравните полученные в работе данные с таблицными:

#### Оценка характера устойчивости внимания

Частота исчезновения изображения в течение 60 с	Характеристика внимания
Не более 11 раз	Очень устойчивое
12–20 раз	Средней устойчивости
Более 20 раз	Недостаточно устойчивое

**Выводы по работе №2.** 1. По итогам работы № 2 заполните таблицу 36.

Таблица 36

**Индивидуальные особенности внимания**

Основные характеристики внимания	Оценка
1. Объем внимания	
2. Распределение внимания, кол-во верно переписанных чисел за 2 мин	
3. Переключение внимания, кол-во сложений в мин	
4. Устойчивость внимания, кол-во переключений в мин	

2. Дайте общее заключение об индивидуальных особенностях внимания.

**Методика исследования индивидуальных особенностей памяти**

*Память* – это способность к усвоению, хранению и воспроизведению информации. Различают филогенетический и онтогенетический виды памяти. Филогенетическую память составляют безусловные рефлексy разной степени сложности, онтогенетическую – выработанные в течение индивидуального развития условные рефлексy. Физиологический механизм онтогенетической памяти состоит в формировании, фиксации, хранении и воспроизведении временных связей.

**Работа № 3. Определение объема кратковременной памяти у человека**

**А. Определение объема кратковременной слуховой памяти у человека**

**Оборудование:** таблица из однозначных цифр. Один из вариантов таблицы приводится ниже.

№ ряда	Количество чисел в ряду									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	7	2							
2	1	4	6	3						
3	3	9	1	4	8					
4	4	6	8	2	5	3				
5	3	5	1	6	4	8	2			
6	2	4	7	5	8	3	9	6		
7	5	8	6	7	4	1	3	9	8	
8	6	5	8	3	9	2	5	4	8	7

**Ход работы:** для определения объема кратковременной слуховой памяти необходимо установить то максимальное количество знаков, которое испытуемый может усвоить на слух с одного предъявления и точно воспроизвести. Работу можно проводить одновременно на студентах всей группы. Экспериментатор зачитывает 1-й ряд цифр. Испытуемый прослушивает этот ряд полностью, а затем записывает его в своей тетради. Затем экспериментатор диктует 2-й ряд. Испытуемый прослушивает его, а затем записывает и т.д.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:**

**Обработка результатов:** 1. После того, как продиктованы все ряды цифр, экспериментатор вновь диктует эти же ряды цифр для проверки правильности воспроизведения рядов цифр.

2. Объем памяти будет равен количеству цифр в ряду, полностью воспроизведенном правильно.

*Например:* если 1-й, 2-й и 3-й ряды цифр записаны верно и в правильной последовательности, а в 4-м ряду обнаружены ошибки (изменен порядок цифр, величина ряда, неверно записана цифра), то объем памяти будет равен количеству цифр в 3-м ряду, т.е. пяти.

**Анализ результатов:** объем кратковременной слуховой памяти у человека в среднем равен  $7 \pm 2$  байт (блоков информации) (цифр, слов, фраз и т.д.).

**Выводы и обсуждение результатов работы:** определите индивидуальный объем кратковременной слуховой памяти на основе сравнения со средним значением данного показателя у человека.

**Б. Определение объема кратковременной зрительной памяти**

**Оборудование:** лист бумаги с подготовленным тестом из 25 слов, часы.

Возможные слова для теста:

Сено, ключ, самолет, поезд, картина, месяц, певец, радио, трава, перевал, автомобиль, сердце, букет, тротуар, столетие, фильм, аромат, горы, океан, неподвижность, календарь, мужчина, женщина, абстракция, вертолет

**Ход работы:** 1. В течение 1 мин испытуемый должен внимательно прочитать предложенный тест.

2. Далее в течение 5 мин должен записать все слова, которые ему удалось запомнить в любом порядке.

### **Рекомендации к оформлению результатов работы:**

**Обработка результатов:** подсчитайте число написанных слов (проверьте, нет ли ошибок), за каждое верное слово начисляется 1 балл.

### **Анализ результатов**

#### **Определение характеристик объема памяти**

Число баллов	Характеристика памяти
6 и меньше	Объем памяти низкий. Желательно регулярно выполнять упражнения по тренировке памяти
7–12	Объем памяти чуть ниже среднего. Главной причиной слабого запоминания может быть неумение сосредоточиться
13–17	Объем памяти хороший
18–21	Объем кратковременной памяти отличный. Вы можете заставить себя сосредоточиться
Свыше 22	Ваша память феноменальна

**Выводы и обсуждение результатов работы:** по сумме баллов определите, к какой категории относится объем вашей зрительной памяти.

### **Работа № 4. Определение индивидуальной функциональной асимметрии человека**

Одним из важнейших свойств индивидуальности является функциональная асимметрия мозга – она определяет особенности восприятия, запоминания, стратегию мышления, эмоциональную сферу, регуляцию деятельности и адаптацию человека к среде.

Под *функциональной асимметрией мозга* понимается неравнозначность деятельности парных органов с явным преобладанием одного из них. Известно, что правое полушарие головного мозга управляет левой половиной тела и доминирует у «левшей», а левое – правой и доминирует у «правшей». Правое полушарие головного мозга можно охарактеризовать как эмоционально-чувственное, конкретно-образное, интуитивно-спонтанное, осуществляющее «биологическую» адаптацию. Левое полушарие рассматривают как аналитико-рассудочное, абстрактно-логическое, осуществляющее «социальную» адаптацию.

Параметры, на основе которых определяют функциональную асимметрию человека, характеризуют либо двигательную сферу (асимметрия рук, ног), либо сенсорную (зрение, слух и т.д.).

**Оборудование:** ручка (карандаш), механические часы, акварельная кисточка, две одинаковых гири весом 100–150 г.

**Ход работы:** все параметры тестируются на основе нижеприведенных тестов. Все параметры измеряются в единой шкале:

Признак	Кол-во баллов
1. Левый	– 1
2. Нечетко выраженный левый	– 0,5
3. Неопределенный	0
4. Нечетко выраженный правый	0,5
5. Правый	1

### ***Двигательная (моторная) асимметрия (ДА)***

#### ***Задание 1. Асимметрия рук***

А) Тест «Замок»: сцепите пальцы рук в замок. Доминирует рука, большой палец которой оказался сверху.

Б) Тест «Хлопок»: похлопайте в ладоши (как в цирке или театре). Рука, которая движется активнее и сверху, доминирует.

В) Тест «Поза Наполеона»: сложите руки на груди. Рука, которая первой захватывает плечо другой, является доминирующей.

Г) Тест «Аннет»:

1. «Пишущая рука». Какой рукой Вы пишете или рисуете (если обеими, то какой чаще – эта рука ведущая)?

2. «Ножницы». Какой рукой человек обычно режет ножницами?

3. «Спички». Какой рукой Вы чиркаете спичкой?

4. «Нитки». Какой рукой Вы вдеваете нитку в иголку?

5. «Карты». Какой рукой Вы раздаете карты?

6. «Часы». Какой рукой Вы заводите часы?

7. «Мяч». Какой рукой Вы ловите и бросаете мяч?

8. «Ракетка». В какой руке Вы держите теннисную ракетку?

9. «Нож». В какой руке Вы держите нож?

10. «Крышка». Какой рукой Вы отвинчиваете крышки?

11. «Молоток». В какой руке Вы держите молоток?

12. «Зубная щетка». В какой руке Вы держите зубную щетку?

Д) Тест «Центр письма». Возьмите в руки ручку (карандаш) и напишите любую букву, слово. Если при этом рука загибается крючком внутрь, то центр письма находится в полушарии, противоположном центру управления рукой.

#### ***Задание 2. Асимметрия ног***

А) Тест «Закидывание ног». Сидя закиньте ногу на ногу. Нога, которая оказалась сверху, – ведущая.

Б) Тест «Шаг». Сделайте шаг из положения стоя, ноги вместе. Для более четкого результата шаг должен быть сделан назад. Ведущая – нога, которая делает шаг.

В) Тест «Прыжок». Из того же положения нужно подпрыгнуть на одной ноге. Ведущей является толчковая нога.

### ***Сенсорная асимметрия (СА)***

#### ***Задание 1. Асимметрия зрения (АЗ)***

А) Тест «Память». Вспомните любимую книгу, фильм или сказку (в зависимости от возраста и пристрастий испытуемого). При этом экспериментатор смотрит прямо в глаза обследуемому. Доминирующей является сторона, в которую уведят глаза при «вспоминании».

Б) Тест «Прицеливание». Возьмите карандаш или ручку и поместите его вертикально на вытянутой руке (проба Розенбаха). Затем прицельтесь двумя глазами через него на любой маленький объект не ближе 2 м. Далее экспериментатор по очереди закрывает глаза испытуемому (рукой, карточкой). Глаз, при закрытии которого объект сдвигается максимально, – ведущий.

#### ***Задание 2. Асимметрия слуха (АС)***

А) Тест «Часы». Перед испытуемым на стол кладут механические часы. Предлагают поднести их к каждому уху и определить, в каком из них звук громче, это ухо – ведущее.

Б) Тест «Телефон». Ведущим является ухо, к которому чаще подносят трубку при разговоре.

#### ***Задание 3. Асимметрия тактильная (АТ)***

А) Тест «Кисть». Предлагается развернуть перед собой кисти рук ладонями вверх и ощутить их вес и размер. Кисть, которая по ощущениям тяжелее и больше, – ведущая.

Б) Тест «Щека». Необходима акварельная кисточка. Этой кисточкой производят легкие касательные движения обеих щек обследуемого (по очереди несколько раз). Щека, которая ощущает касания сильнее, – ведущая.

В) Тест «Шары». Оцените тактильное восприятие одинаковых предметов (вес 100–150 г) в обеих руках одновременно. Ведущей считается рука, в которой предмет кажется больше, тяжелее.

#### ***Рекомендации к оформлению результатов работы:***

**Оценка результатов.** На основании полученных данных вычисляют следующие коэффициенты:

- коэффициент общей асимметрии (по всем тестам) – КОА;
- коэффициент моторной асимметрии – КМА;

- коэффициент сенсорной асимметрии – КСА.

Теоретически коэффициенты могут принимать значения от –100% до +100%, они рассчитываются по формулам:

КОА = Сумма значений всех асимметрий / количество всех тестов × 100%;

КМА = Сумма значений моторных асимметрий / количество моторных тестов × 100%;

КСА = Сумма значений сенсорных асимметрий / количество сенсорных тестов × 100%;

**Анализ результатов.** По коэффициенту общей асимметрии выделяют пять групп:

1. Лица со значительным преобладанием правых признаков (10 и более) – «явные» правши – КОА более +80%. Тип 1 отличается стремлением к жесткой логике, жесткому поведению и доминированию во всем. Работоголики, эмоциональная сфера которых развита слабо.

2. Лица с преобладанием правых признаков (3–9) – правши – от +20% до +80%. Для них характерны хорошая социальная адаптация, хорошая речь, логическое мышление, преобладание положительных эмоций, хорошее планирование деятельности и достижение целей.

3. Лица с неопределенной асимметрией (преобладание в общей сумме признаков до 2-х левых или до 2-х правых) – «амбидекстры» – КОА от –20% до +20%. Тип 3 может распадаться на две группы:

а) слабо дифференцированные – по всем частным асимметриям значения близки к нулю. Представители этой группы склонны к пассивной адаптации, ведомые, неуверенные, изредка истеричные и эгоистичные;

б) разносторонние – по всем частным асимметриям значения высокие, но взаимно компенсированные. Такие люди легко адаптируются в любых условиях и могут демонстрировать различные стратегии поведения (тенденции к сангвинии).

4. Лица с преобладанием левых признаков (3–9) – левши – КОА от –20% до –80%. Тип 4 сходен с типом 5, но патологические тенденции выражены значительно слабее, а творческие ярче. Степень социальной адаптации умеренная.

5. Лица со значительным преобладанием левых признаков (10 и более) – «явные» левши – КОА более –80%. Тип 5 отличается склонностью к природе, творческой активности, нестандартному мышлению, чаще невербальному. С трудом подчиняется жестким социальным нормам, ритмам, при малейшем давлении могут давать невротические реакции.

По соотношению моторной и сенсорной асимметрии можно выделить следующие типы:

1. *Моторная правая, сенсорная правая (МпСп)* – обладает всеми характеристиками «правшей»; преобладает абстрактно-логическое мышление, склонен к обработке знаковой символической информации и соблюдению социальных норм (тип – мыслительный).

2. *Моторная правая, сенсорная левая (МпСл)* – оптимальный тип для обучения, адекватно реагирует на новую сложную информацию и хорошо регулирует свое поведение (тип – познающий).

3. *Моторная левая, сенсорная правая (МлСп)* – импульсивный, склонен к простым решениям в сложных ситуациях, слабо способен к регуляции своего поведения (тип – действующий).

4. *Моторная левая, сенсорная левая (МлСл)* – преобладает конкретно-образное мышление, низкая способность к соблюдению социальных норм, опасность неадекватных реакций, нарушения поведения, эмоциональная нестабильность, высокая тревожность, ранимость (тип – художественный).

**Выводы и обсуждение результатов работы:** на основании проведенных исследований сделайте заключение об индивидуальной асимметрии.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### **Контрольные задания**

1. Раскройте физиологические механизмы, обеспечивающие восприятие (роль установки, памяти, доминанты, функциональной асимметрии полушарий головного мозга в приеме и оценке поступающей информации).

2. Укажите физиологические механизмы, обеспечивающие произвольное и непроизвольное внимание.

3. Обоснуйте с физиологических позиций разные результаты по скорости и качеству работы, требующей внимания у людей с разными типами ВНД.

4. Укажите различия в физиологических механизмах кратковременной и долговременной памяти.

5. Укажите физиологические механизмы консолидации памяти.

6. Восприятие – хранение – воспроизведение. Дайте физиологическую характеристику этим процессам.

7. Укажите отделы мозга, участвующие в формировании памяти.

## ГЛАВА 11. ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

Прежде чем осуществится какая-нибудь приспособительная реакция, происходит восприятие сигналов. Для восприятия раздражений, поступающих в центральную нервную систему из внешней и внутренней среды, организм снабжен специальными аппаратами – **рецепторами**. Последние обладают двумя свойствами, отличающими их от других отделов нервной системы, – высокой возбудимостью и способностью воспринимать только определенный вид раздражений, связанных со специфической формой энергии (световой, звуковой и др.). Такая специализация рецепторов является результатом длительного эволюционного развития живых существ и приспособления их к окружающей среде.

**Раздражители**, по отношению к которым рецептор обладает избирательной чувствительностью, называются **адекватными**. Все остальные раздражители являются **неадекватными** для данного рецептора. Минимальная сила раздражения, при котором впервые возникает слабое ощущение, называется **порогом ощущения**. Последний для адекватных ощущений всегда меньше, чем для неадекватных.

В рецепторе происходит трансформация внешней энергии в нервное возбуждение. По системе центростремительных нервов возбуждение передается в центральную нервную систему, вначале в подкорковые структуры, а затем в кору больших полушарий. Здесь происходит превращение нервного возбуждения в ощущение, а также анализ и синтез раздражений. Промежуточной переключательной станцией афферентных импульсов служит область зрительного бугра, откуда они направляются к соответствующим участкам коры.

Однако в мозговой коре осуществляется не только анализ поступивших сигналов, но и процессы синтеза. Живой организм заинтересован не в самих воздействиях как таковых, а в информации, которую они несут, и соответственно не в оценке физических параметров сигналов, а в тех природных закономерностях, которые отражаются с их помощью. Вместе с тем отнесение сигнала к тому или иному классу, т.е. его распознавание, неизбежно основано на выделении ряда физических характеристик, образующих область признаков данного класса сигналов. Таким образом, сенсорная функция мозга заключается в определении сигнального биологического значения сенсорных стимулов на основе анализа их

физических характеристик. Извлечение биологически важной информации с целью ее использования для формирования двигательных актов основано на преобразовании входной активности нервных элементов сенсорных систем в реакцию исполнительных аппаратов. Оценка биологической значимости сигнала сводится к установлению соответствующей закономерности взаимодействия нервных элементов сенсорных и двигательных систем мозга. Следовательно, сенсорная функция больших полушарий осуществляется путем, с одной стороны, анализа различных раздражений и, с другой стороны, сопоставления этих раздражений с разнообразными формами деятельности организма.

В процессе филогенетического развития организмов происходило совершенствование рецепторных аппаратов, но главное направление эволюции заключается в усложнении функционально-анатомических особенностей мозговых отделов сенсорных систем и связей между ними. Аналитико-синтетическая деятельность головного мозга достигла своего наивысшего развития у человека благодаря появлению речевой системы.

Сенсорные системы подразделяются на внешние и внутренние. Внешние сенсорные системы снабжены экстерорецепторами, воспринимающими раздражения из внешней среды. Экстерорецепторы делятся на дистантные (световые, звуковые, обонятельные) и контактные (кожные, вкусовые).

Внутренние сенсорные системы имеют рецепторные аппараты (интерорецепторы: висцерорецепторы и проприорецепторы) во всей внутренней среде организма (сосуды, внутренние органы, мышцы, суставы, связки и др.).

По форме энергии, которая воспринимается рецепторами, последние подразделяются на фото-, механо-, хемо-, термо-, барорецепторы. В особую группу выделяют болевые рецепторы.

В обычных условиях организм оказывается под действием сложных комплексных раздражений, которые воспринимаются различными рецепторными аппаратами. Поэтому в норме сенсорные системы осуществляют деятельность в тесном взаимодействии друг с другом.

**Цель занятия:** изучить морфофункциональную организацию сенсорных систем и их роль в познавательной деятельности человека и основные закономерности функционирования.



## САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

### *Необходимый исходный уровень знаний*

Общая морфофункциональная характеристика сенсорных систем:

А) периферический отдел сенсорных систем:

- рецепторы, их классификация;
- основные функции рецепторного отдела (обнаружение сигнала, различение сигнала, кодирование информации в рецепторном отделе);
- общие свойства рецепторных образований: возбудимость, лабильность, адаптация, аккомодация, чувствительность, специфичность, сенсibilизация;
- закономерности деятельности рецепторов: механизмы формирования рецепторного и генераторного потенциала;

Б) проводниковый отдел сенсорных систем:

- структурно-функциональные особенности специфического (лемнискового) пути;
- структурно-функциональные особенности неспецифического (экстра-лемниского) пути;
- кодирование информации в проводниковом отделе;

В) центральный (корковый) отдел сенсорных систем: структурно-функциональная характеристика первичных, вторичных и третичных проекционных зон.

2. Взаимодействие анализаторов – основные уровни межанализаторной интеграции.

3. Структурно-функциональная характеристика вкусовой, обонятельной и тактильной сенсорных систем. Механизмы формирования вкусовых, обонятельных и тактильных ощущений.

### **Рекомендуемая дополнительная литература**

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельянчик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ**

**Задание 1.** Объяснить понятия: сенсорная система, орган чувств, ощущение, восприятие, проводящие пути сенсорных систем: рецепторный, проводниковый, центральный (корковый, мозговой) отделы сенсорных систем;

1) рецепторный отдел: рецептор, классификация рецепторов: экстеро-, интеро-, проприорецепторы, дистантные, контактные первичные, вторичные, номодальные, полимодальные рецепторы;

2) общие свойства рецепторных образований: рецептивное поле, возбудимость, лабильность, адаптация, аккомодация, чувствительность, специфичность, сенсбилизация;

3) закономерности деятельности рецепторов: рецепторный потенциал, генераторный потенциал, минимальный порог возбуждения, порог интенсивности, пространственный порог, временной порог, сенсорное кодирование;

4) проводниковый отдел: специфический путь (лемнисковый), неспецифический путь (экстралемнисковый);

5) центральный отдел: первичная, вторичная, третичная проекционные зоны.

**Задание 2.** Изучить общие закономерности функционирования периферического отдела сенсорных систем, рецепторных отделов тактильной, обонятельной, вкусовой сенсорных систем.

**Задание 3.** Изучить взаимодействие анализаторов.

### ***Оборудование, необходимое на занятии***

*Приборы и посуда:* стаканы, штангенциркуль, термометр.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

### ***Общие закономерности функционирования периферического отдела сенсорных систем***

#### **Работа № 1. Определение порогов пространственной чувствительности тактильных рецепторов**

Тактильная чувствительность свойственна рецепторам, воспринимающим прикосновение (мейснеровы тельца, меркелевы диски), и рецепторам, воспринимающим давление (тельца Пачини). Механическое раздражение этих рецепторов ведет к быстрой их адаптации. Так, мы обычно не замечаем своей одежды, которая является постоянным раздражителем для тактильных рецепторов. Механические раздражения кожи довольно точно локализируются. Однако для того

чтобы два раздражителя были восприняты отдельно друг от друга, между ними должно быть определенное расстояние. Наименьшее расстояние между двумя точками кожи, при одновременном раздражении которых возникает ощущение двух прикосновений, называют *пространственным порогом тактильной чувствительности*.

**Оборудование:** штангенциркуль, линейка.

**Ход работы:** избрав для анализа определенный участок кожи, исследователь усаживает испытуемого и предлагает закрыть ему глаза. Затем ножки циркуля строго одновременно без нажима опустить на кожу. Начать исследование нужно с такого расстояния между ножками циркуля, когда испытуемый с уверенностью определяет два раздражения (5–10 см). Постепенно сдвигая ножки циркуля, найти то расстояние между ними, когда испытуемый при их прикосновении почувствует одно слитное прикосновение. Затем несколько раздвинуть ножки циркуля и, как только испытуемый отмечает, что он ощущает два прикосновения, по миллиметровой линейке определить расстояние между ножками циркуля. Это значение принимают за пространственный порог для данной кожной поверхности. Исследование последовательно проведите на коже пальцев, ладони, тыльной поверхности рук, лица, шеи, груди и спины испытуемого.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** найденные величины порогов пространственной чувствительности занесите в таблицу 37.

Таблица 37

**Показатели пространственной тактильной чувствительности кожи**

Исследуемые участки кожи	Пространственный порог чувствительности, мм	
	В норме	У испытуемого
Ладонная поверхность пальцев	2,2	
Кончик носа	6,8	
Середина ладони	8,9	
Тыльная поверхность кисти руки	31	
Предплечье, голень	40,5	
Спина	54,1	
Бедро, плечо	67,6	

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные результаты между собой и с нормой и объясните их различия. Опишите виды тактильных рецепторов и дайте их функциональную характеристику.

## Работа № 2. Адаптация рецепторов

*Адаптация рецепторов* – это временное приспособительное изменение (понижение) уровня возбудимости (чувствительности) рецептора к силе постоянно действующего раздражителя. Так, при воздействии света на глаз чувствительность его к свету понижается, т.е. развивается адаптация к свету. Наоборот, в темном помещении чувствительность его к свету сильно повышается, иногда в десятки и даже сотни тысяч раз. Другие рецепторы также способны к адаптации.

**Оборудование:** банка, термометр, резиновая трубка, 5%-ный раствор поваренной соли, часы, испытуемый (опыт можно проводить и на себе).

### **Ход работы:**

**Опыт № 1.** Температурная адаптация: нагрейте воду в банке до 40°C и предложите испытуемому опустить руку в воду. В первый момент вода кажется горячей, затем теплой, и наконец через некоторое время вода кажется «безразличной температуры» (ни холодной, ни теплой). Определение температуры воды показывает, что она *не изменилась*. Погрузите в воду участки кожи руки, которые были над водой. Эти участки воспринимают воду как горячую. Определите по часам время частичной и полной адаптации.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** полученные результаты исследования внесите в таблицу 38.

Таблица 38

**Время адаптации различных рецепторов**

Тип рецепторов	Время адаптации, с
Терморецепторы	
Обонятельные рецепторы	
Вкусовые рецепторы	

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные результаты между собой и сделайте вывод о скорости адаптации различных рецепторов.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте классификацию рецепторов и опишите процессы, происходящие в них.
2. Какое биологическое значение имеет явление адаптации рецепторов?

3. Каков механизм адаптации рецепторов?
4. Опишите механизм восприятия вкуса.
5. Объясните появление таких оттенков вкусовых ощущений, как «металлический вкус», «щелочной вкус», «вкус электричества».
6. Объясните наличие «специфических» вкусовых полей.
7. Опишите механизм восприятия запаха.
8. Каковы различия в проводящих путях вкусового и обонятельного анализаторов?
9. Опишите механизм работы кожного анализатора.
10. Каков механизм взаимодействия анализаторов.

## 2

### Физиология зрительной и слуховой сенсорной систем

#### занятие

**Цель занятия:** изучить морфофункциональную организацию зрительной и слуховой сенсорных систем и их роль в познавательной деятельности человека.



#### САМОПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

##### *Необходимый исходный уровень знаний*

1. Общая характеристика сенсорных систем.
2. Морфофункциональная характеристика зрительной сенсорной системы:
  - морфофункциональная характеристика периферического отдела зрительной сенсорной системы: строение и функции светопреломляющего и светочувствительного аппаратов глаза; фотохимические и электрические процессы в фоторецепторах; функции клеток сетчатки глаза (биполярных, ганглиозных, горизонтальных и амакриновых); аккомодация глаза, ее механизмы;
  - морфофункциональная характеристика проводникового отдела зрительной сенсорной системы: структурно-топографическая характеристика; обработка сигналов в верхнем двухолмии, в латеральных колленчатых телах;
  - морфофункциональная характеристика мозгового отдела зрительной сенсорной системы;

– механизм возникновения световых ощущений, восприятие глубины пространства, восприятие цвета.

3. Морфофункциональная характеристика слуховой сенсорной системы:

– морфофункциональная характеристика периферического отдела слуховой сенсорной системы: строение и функции звукоулавливающего и звукопроводящего аппарата; рецепторный отдел слухового анализатора; электрические явления в улитке; кодирование частоты и интенсивности звука;

– морфофункциональная характеристика проводникового отдела слуховой сенсорной системы;

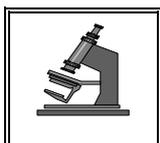
– морфофункциональная характеристика мозгового отдела слуховой сенсорной системы;

– механизм возникновения слуховых ощущений.

### ***Рекомендуемая дополнительная литература***

1. Балбатун, О.А. Нормальная физиология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Балбатун, В.В. Зинчук, Ю.М. Емельяничик. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 431 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21746>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 229 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5590>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Кузина, С.И. Учебное пособие по нормальной физиологии [Электронный ресурс] / С.И. Кузина, С.С. Фирсова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6312>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть I [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 192 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6150>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Материалы к лекциям по курсу нормальной физиологии. Часть II. Висцеральные системы и их регуляция [Электронный ресурс] / Н.А. Барбараш [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, 2008. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6151>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Советский спорт, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9897>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Физиология человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Семенович [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 544 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20294>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА НА ЗАНЯТИИ

---

**Задание 1.** Объяснить понятия: сенсорная система, орган чувств, ощущение, восприятие, проводящие пути сенсорных систем – рецепторный, проводниковый, центральный (корковый, мозговой) отделы сенсорных систем.

Рецепторный отдел: рецептор, классификация рецепторов: экстеро-, интеро-, проприорецепторы, дистантные, контактные первичные, вторичные, номодальные, полимодальные рецепторы.

Общие свойства рецепторных образований: рецептивное поле, возбудимость, лабильность, адаптация, аккомодация, чувствительность, специфичность, сенсбилизация.

Закономерности деятельности рецепторов: рецепторный потенциал, генераторный потенциал, минимальный порог возбуждения, порог интенсивности, пространственный порог, временной порог, сенсорное кодирование.

Проводниковый отдел: специфический путь (лемнисковый), неспецифический путь (экстралемнисковый).

Центральный отдел: первичная и вторичная проекционные зоны.

**Задание 2.** Изучить морфофункциональные особенности функционирования зрительной сенсорной системы.

**Задание 3.** Изучить морфофункциональные особенности функционирования слуховой сенсорной системы.

### **Оборудование, необходимое на занятии**

*Приборы и посуда:* периметр Форстера, марки разных цветов (или цветные карандаши), рулетка (или пестрая лента), камертоны, секундомер.

*Другие материалы:* вата, резиновые трубки, иголки, нитки, карандаши.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

---

### *Зрительная сенсорная система*

#### **Работа № 1. Светочувствительные элементы сетчатки.**

##### **Нахождение слепого пятна (опыт Э. Мариотта)**

Появление зрительных ощущений обусловлено действием света на сетчатку – свето- и цветовоспринимающую структуру. Сетчатка имеет весьма сложное строение и состоит из разнообразных клеточных элементов, образующих слои (в сетчатке глаза человека их десять). Собственно светочувствительные элементы глаза представлены *палочками и колбочками*. Возникающие в них импульсы передаются на другие нервные клетки сетчатки и выходят из нее по волокнам *ганглиозных клеток*, которые, объединившись в *зрительный нерв*, передают их в мозговые структуры. *Палочки* обеспечивают цветное сумеречное зрение, *колбочки* – дневное и цветоразличение. Общее количество светочувствительных элементов в сетчатке глаза человека весьма велико – около 7 000 000 колбочек и 130 000 000 палочек. Распределены они в сетчатке неравномерно. Наибольшее число колбочек находится в области *желтого пятна* – участка наиболее ясного видения, причем его центральная часть (*fovea centralis*) состоит только из колбочек. К периферии от желтого пятна количество колбочек резко уменьшается, а количество палочек соответственно возрастает. В месте выхода зрительного нерва из глазного яблока (так называемый сосок зрительного нерва) не содержится светочувствительных элементов. Этот участок называется *слепым пятном*. В обычных условиях слепое пятно не замечается, так как пробел в поле зрения компенсируется деятельностью соседних участков сетчатки. Однако его существование легко обнаруживается в классическом опыте Э. Мариотта (E. Mariotte, 1620–1684), впервые выполненном в XVII в.

**Оборудование:** таблица Э. Мариотта для обнаружения слепого пятна (рис. 26), сантиметровая линейка.

**Ход работы:** для доказательства существования слепого пятна пользуются специальным рисунком, на котором изображены на сплошном черном фоне белый круг (обычно справа) и крестик (обычно слева).

1. Возьмите рисунок в вытянутую руку и поместите его перед глазами на расстоянии 20–25 см.

2. Закройте левый глаз, а правым глазом фиксируйте левый крестик, изображение которого падает при этом на центральную ямку.



Рис. 26. Таблица Мариотта для обнаружения слепого пятна

3. Не сводя взгляда с крестика, медленно приближайте и удаляйте рисунок. На определенном расстоянии белый круг станет невидимым; он расплывется на черном фоне, когда его изображение попадет на слепое пятно. Это расстояние составляет приблизительно 20 см.

4. В этом же опыте можно вычислить диаметр слепого пятна. Измерьте расстояние от рисунка до глаза, при котором белый круг становится невидимым, а также диаметр круга на рисунке. На сетчатке получается обратное и уменьшенное изображение, причем лучи, идущие от крайних точек предмета, проходят через узловую точку перекреста (рис. 27).

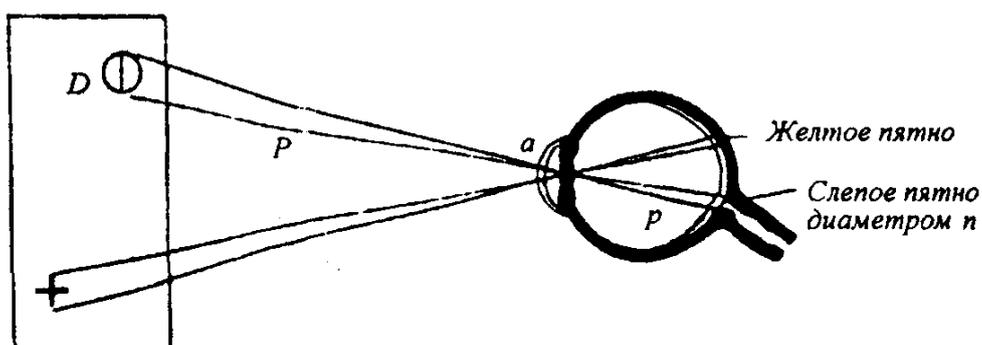


Рис. 27. Схема, поясняющая вычисление диаметра слепого пятна (Батуев А.С. и др., 1998)

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Опишите наблюдаемые явления.

2. Рассчитайте диаметр слепого пятна. Для расчета диаметра слепого пятна используйте формулу:  $\Pi = (p \times d) / (P + a)$ , где  $\Pi$  – диаметр слепого пятна,  $p$  – расстояние узловой точки до сетчатки (у взрослого около 16 мм),  $d$  – диаметр

проекции слепого пятна на бумаге (диаметр кружка или крестика),  $P+a$  – расстояние от рисунка до узловой точки ( $P$  – расстояние от рисунка до передней поверхности роговицы,  $a$  – расстояние от передней поверхности роговицы до узловой точки (у взрослого – около 7 мм)).

Диаметр слепого пятна должен составить 1,8 мм.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные Вами данные с нормальной величиной диаметра слепого пятна.

## Работа № 2. Определение поля зрения

*Поле зрения* называется пространство, видимое глазом человека при фиксации взгляда в одной точке. Величина поля зрения у различных людей неодинакова и зависит от глубины расположения и формы глазного яблока, надбровных дуг и носа, а также функционального состояния сетчатки глаза. Различают цветное (хроматическое) и бесцветное (ахроматическое) поле зрения. Ахроматическое поле зрения больше хроматического, так как оно обусловлено деятельностью палочек, расположенных преимущественно на периферии сетчатки. Для различных цветов поле зрения также неодинаково: больше всех оно для желтого цвета, а самое узкое для зеленого. Границы ахроматического поля зрения составляют: кнаружи – примерно  $100^\circ$ , внутрь и кверху –  $60^\circ$  и книзу –  $65^\circ$  (рис. 28).

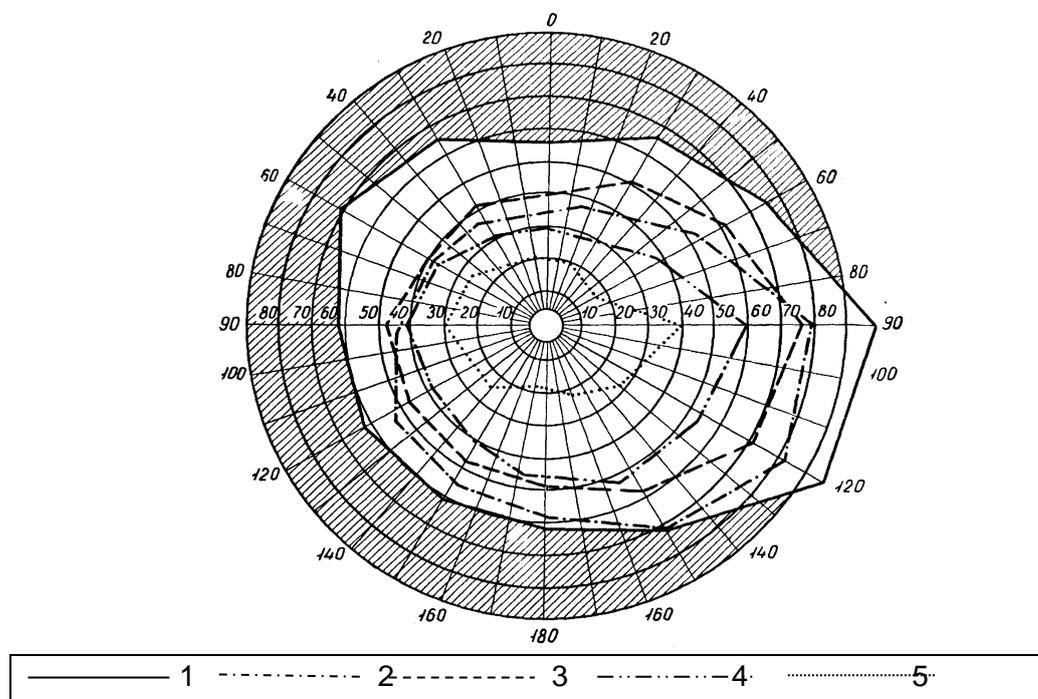


Рис. 28. Графическое изображение ахроматического и хроматического полей зрения (Билибин Д.П. и др., 1970):

Условные обозначения: 1 – поле зрения черно-белого видения; 2 – поле зрения для желтого цвета; 3 – для синего цвета; 4 – для красного цвета; 5 – для зеленого цвета

**Оборудование:** периметр Форстера, марки разных цветов, линейка, цветные карандаши.

**Ход работы:** определение поля зрения производят с помощью периметра Форстера.

1. Периметр установите против света.

2. Испытуемого посадите спиной к свету и попросите его поставить подбородок в выемку штатива периметра. Если определяется поле зрения для левого глаза, то подбородок ставится на правую часть подставки. Высота подставки регулируется так, чтобы верхний конец штатива приходился к нижнему краю глазницы. Испытуемый фиксирует одним глазом белый кружок в центре дуги периметра, а другой глаз закрывает рукой (рис. 29).

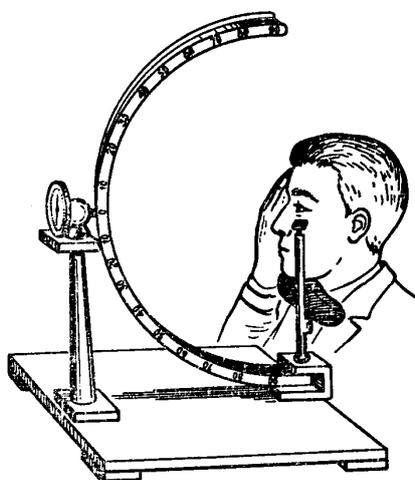


Рис. 29. Определение поля зрения с помощью периметра И. Форстера (J.G.A. Forster, 1754–1794)

3. Установите дугу периметра в горизонтальное положение и начните измерение. Для этого медленно перемещайте белую марку по внутренней поверхности дуги периметра от  $90^\circ$  к  $0^\circ$ . Попросите испытуемого указать тот момент, когда опознавательная марка станет видна впервые неподвижно фиксированному глазу. Отметьте соответствующий угол и проверьте вторично. Границы поля зрения будут определены тем точнее, чем больше меридианов будет исследовано. Для овладения методикой можно ограничиться определением только двух основных меридианов: горизонтального (кнаружи, внутрь) и вертикального (кверху, книзу).

4. Заменяя белую марку цветной, тем же способом определите границы цветового зрения, при этом от испытуемого требуется не только увидеть марку, но и точно определить ее цвет. Определите поле зрения для зеленого цвета или для нескольких цветов.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** по полученным результатам вычертите периметрический снимок для обоих цветов (по аналогии с рис. 29).

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните величину поля зрения для белого и любого другого цветов и объясните причину различия между ними.

### **Работа № 3. Анализ пространства с помощью бинокулярного зрения**

Адекватное зрительное восприятие пространства возможно лишь при взаимосвязанной деятельности сетчатки и глазодвигательного аппарата, обеспечивающего движение глаз, аккомодацию и сужение зрачка. При зрении одним глазом анализ пространства становится крайне несовершенным, но все-таки оказывается возможным. При длительном пользовании одним глазом зрение значительно улучшается в результате компенсации.

В оценке расстояния одним глазом существенная роль принадлежит аккомодации, однако, еще большее значение имеют условно-рефлекторные механизмы. Степень напряжения ресничных мышц, соответствующая определенной величине изображения на сетчатке и подкреплявшаяся ранее осязательно-двигательной оценкой предметов, сигнализирует о пространственных свойствах этого предмета и его удалении от наблюдателя.

Совершенно новое качество в оценке пространства дает зрение двумя глазами – *бинокулярное зрение*. При видении двумя глазами изображение предмета попадает на симметричные, или идентичные точки обеих сетчаток. Неидентичные точки сетчаток называются *диспаратными*, при попадании на них отражения предмета возникает ощущение двойного изображения предмета. Если несоответствие точек невелико (умеренная диспаратность), то вместо раздвоения изображений возникает качественно новое ощущение – большей или меньшей удаленности предмета по сравнению с точкой, дающей единое изображение. На этом принципе построен стереоскоп. На каждую из сетчаток попадает отражение одной и той же плоскостной фигуры или картины, причем одна часть этой картины попадает на идентичные точки, а другая – на диспаратные точки сетчатки. В результате возникает ощущение рельефности изображения. Следовательно, явление диспаратности позволяет оценивать рельеф и расстояние. В этом процессе существенное значение имеют мышечные напряжения, возникающие при конвергентно-дивергентных отношениях.

При фиксации взгляда на каком-либо предмете его изображение будет попадать на идентичные участки сетчатки, но изображения предметов, находящихся дальше и ближе рассматриваемого предмета, будут попадать на диспаратные участки, и их изображение будет представляться раздвоенным. При этом правое изображение дальнего предмета будет восприниматься правым глазом, а левое – левым. Это – *одноименная диспарация*. Правое же изображение ближнего предмета будет восприниматься левым глазом, а левое – правым. Это – *разноименная диспарация*. Если предмет видно с одноименной диспарацией, то создается впечатление, что он находится дальше, чем на самом деле, а если с разноименной, то ближе.

Однако ни величина изображения на сетчатке, ни импульсация от глазных мышц не могут обеспечить правильного отражения пространства без предшествующего опыта, который должен заключаться в одновременном рассматривании и перемещении наблюдателя к предмету и ощупывании его руками. По этому поводу И.П. Павлов писал, что известная комбинация раздражений, идущих от сетчатки и из этих мышц, совпадающая несколько раз с осязательным раздражением от предмета известной величины, является сигналом о действительной величине предмета. Основные факты из физиологической оптики трактовались И.П. Павловым как ряд условных рефлексов, т.е. элементарных актов в сложной деятельности зрительной системы.

Следовательно, сложнейший процесс зрительного анализа пространства осуществляется при бинокулярном зрении благодаря установлению условно-рефлекторного взаимодействия между воспринимающим аппаратом зрительной системы, двигательным аппаратом глаза, кожной и скелетно-мышечной сенсорными системами.

**Оборудование:** иголки, нитки, лист белой бумаги, два карандаша.

**Ход работы:** работа состоит из трех заданий.

1. Зафиксируйте обоими глазами близко расположенный небольшой предмет (нарисованный на листе бумаги черный кружок), пальцем надавите на одно глазное яблоко сбоку. Наблюдается раздвоение рассматриваемого предмета. Последнее имеет место при попадании изображения предмета на диспаратную точку сетчатки.

2. Проденьте нитку в игольное ушко, когда открыты оба глаза и один глаз. Отметьте разницу в числе неудачных попыток при моно- и бинокулярном зрении.

3. Возьмите в обе руки по карандашу и один карандаш отодвиньте от глаз на вытянутую руку, а другой – на 15–20 см. Фиксируйте взгляд на ближнем карандаше. Одновременно изображение дальнего карандаша раздваивается (одномоментная диспарация).

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления и объясните их.

**Выводы и обсуждение результатов работы:** укажите, какое преимущество бинокулярного зрения демонстрируют данные опыты.

#### **Работа № 4. Условно-рефлекторная регуляция деятельности сенсорных систем**

Ощущение внешнего мира у человека обусловлено не только непосредственным восприятием раздражений, но и теми условно-рефлекторными связями, которые сформировались в течение жизни. Они могут дополнять, изменять реальный образ воспринимаемой действительности. К такого рода явлениям относятся зрительные иллюзии.

**Оборудование:** набор рисунков, демонстрирующих зрительные иллюзии (рис. 54).

**Ход работы:** работа состоит из трех заданий:

**1. Иллюзия созданная направлениями стрелок.** Нарисуйте две прямые линии, ограниченные стрелками разного направления. Рассмотрите рисунок: линия (стрелки наружу) кажется гораздо больше линии со стрелкам, направленными внутрь (рис. 30а).

**2. Иллюзия по контрасту и оценке предмета в целом.** Изобразите на некотором расстоянии друг от друга два одинаковых круга. Вокруг первого поместите круги большего диаметра, вокруг второго – меньшего. Центральный круг (2) кажется больше, чем центральный круг (1) (рис. 30б).

**3. Иллюзия движения.** Если изображение, представленное на рис. 30в, вращать перед собой небольшими кругами, то появится впечатление вращения дисков в направлении движения рисунка, а центрального зубчатого колесика в обратную сторону. Одно из объяснений заключается в том, что белые части рисунка в последовательные моменты времени воспринимаются в различных местах пространства, что и создает стробоскопический эффект движения.

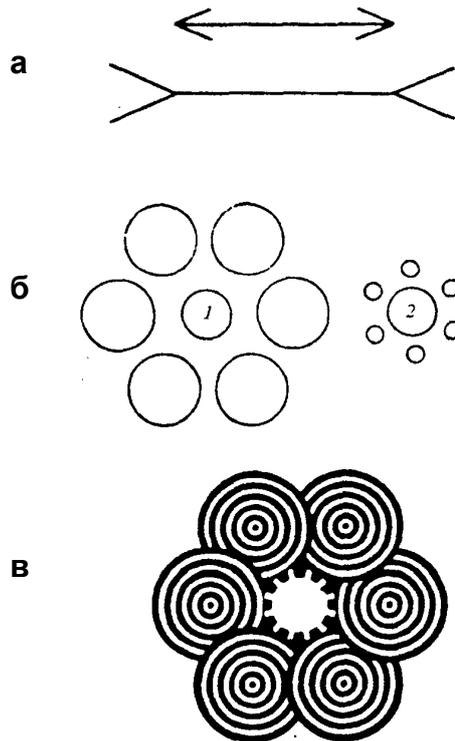


Рис. 30. Явления зрительных иллюзий (Батуев А.С. и др., 1998):  
 а) иллюзия, созданная направлением стрелок; б) иллюзия по контрасту и по оценке предмета в целом; в) иллюзия движения

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** опишите наблюдаемые явления.

**Вывод и обсуждение результатов работы:** объясните наблюдаемые явления и укажите реальные возможности установления истинности наших представлений об изображенных предметах.

### **Слуховая сенсорная система**

#### **Работа № 5. Острота слуха**

**Оборудование:** рулетка или метровая лента, ватные тампоны и подготовленный список слов.

Исследование абсолютных порогов слуховой чувствительности проводят шепотом. Рекомендуется составить 2 группы слов: 1) первая группа слов включает гласные **у, о** и согласные **м, н, в, р**. Например: *ворон, двор, море, номер* и т.д.

2) Вторая группа слов – гласные **а, и, э** и шипящие, свистящие согласные. Например: *час, щи, чижик, заяц, шерсть* и т.д.

**Ход работы:** перед началом эксперимента у испытуемого одно ухо закрывают смоченным ватным тампоном. Далее исследователь с небольшого расстояния шепотом начинает произносить слова из 1-й и 2-й групп, постепенно при этом отдаляясь. Расстояние, на котором находится исследователь, когда испытуемый начинает называть 50% и более произнесенных слов, неправильно считают пороговой величиной. Расстояние между исследователем и испытуемым продолжают увеличивать (при необходимости исследователь может повернуться к испытуемому спиной, что соответствует увеличению расстояния вдвое). Конечной точкой отдаления от испытуемого будет точка, с которой он не сможет услышать ни одного слова. Это расстояние замеряют. Меняя ватные тампоны поочередно в каждом ухе, опыт проводят несколько раз.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** 1. Занесите в протокол полученные данные.

2. Оцените результаты по схеме:

а) слова 1-й группы в норме различаются на расстоянии 5 м (низкочастотные);

б) слова 2-й группы в норме различаются на расстоянии около 20 м (высокочастотные).

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные результаты с нормативными и сделайте вывод, почему слова из 1-й группы воспринимаются человеком с более короткого расстояния.

### **Работа № 6. Исследование костной и воздушной проводимости**

Периферический, или рецепторный, отдел слуховой сенсорной системы состоит из *звукоулавливающего, звукопередающего и звуковоспринимающего* аппаратов. Звукоулавливающий аппарат – наружное ухо: ушная раковина сосредотачивает звуковые волны, а слуховой проход подводит их к среднему уху. Оно представляет собой полость, отделенную от наружного уха барабанной перепонкой и имеющую в медиальной стенке два закрытых отверстия – овальное окно и круглое окно. Полость среднего уха содержит три последовательно сочлененные слуховые косточки, которые расположены таким образом, что первая из них (молоточек) соединена с барабанной перепонкой, средняя (наковальня) – с молоточком и с последней косточкой (стремечком), которое, в свою очередь, упирается в мембрану овального окошечка. Такое строение среднего уха обес-

печивает его звукопередающую функцию. Звуковоспринимающий аппарат – внутреннее ухо. Оно расположено в височной кости и состоит из костного и перепончатого лабиринтов, имеющих сложное строение. Одна из полостей этого лабиринта называется улиткой. В канале улитки заключено специальное образование – кортиев орган, который и является собственно рецепторным аппаратом слуховой системы, превращающим энергию звуковых волн в нервные импульсы. Они возникают при действии раздражителя в чувствительных клетках кортиева органа – слуховых волосковых клетках. Оттуда по первому нейрону (*п. cochlearis*) импульсы поступают в соответствующие ядра продолговатого мозга, по второму – в медиальные коленчатые тела таламической области и по третьему – в корковый отдел слуховой системы, расположенный в верхней части височной доли мозга, в области сильвиевой борозды (41 и 42 поля).

Действие звукового раздражителя воспринимается рецепторными образованиями внутреннего уха лишь тогда, когда звуковые колебания будут подведены к ним звукопередающим аппаратом. При этом звуковые колебания, поступающие в наружный слуховой проход, вызывают колебания барабанной перепонки, которые, усиливаясь в системе звуковых косточек, передаются овальному окошечку. Колебания мембраны овального окошечка влекут за собой перемещение жидкости в лабиринте, это вызывает колебание основной мембраны и раздражение волосковых клеток. Такое проведение звуковых колебаний называется воздушным. Однако при различных патологических изменениях звукопередающего аппарата (отверстие в барабанной перепонке, сращение слуховых косточек, изменение подвижности мембраны овального окна) слуховая чувствительность не падает, а только понижается. В этих случаях звуковые колебания передаются рецепторному аппарату благодаря костной проводимости. Вибрация костей черепа и лабиринта, возникающая при звуковых колебаниях, через круглое окно (с более эластичной перепонкой) повышает давление эндолимфы, что приводит к колебанию основной мембраны и раздражению волоскового аппарата. Костная проводимость несравненно менее эффективна, чем воздушная.

**Оборудование:** камертоны, молоточек, секундомер, ватные тампоны, резиновые трубки.

**Ход работы:** для наблюдения костной проводимости звука (*опыт Вебера*) ножку звучащего камертона прикладывают на середину темени испытуемого. Отмечают, что через оба уха испытуемый слышит звук одинаковой силы. Затем опыт повторяют, заложив предварительно в одно ухо ватный тампон. Со стороны уха, заложенного тампоном, звук будет казаться более сильным, это объясняется тем, что звук в данном случае достигает слуховых рецепторов

кратчайшим путем – через кости черепа, при котором уменьшается потеря звуковой энергии. Далее соединяют резиновой трубкой ухо первого испытуемого, не заложённое ватой, с ухом второго испытуемого. Второй испытуемый также услышит звук, так как происходит распространение звуковых волн по воздушно-му столбу.

Для сравнения костной проводимости различных костей черепа ножку звучащего камертона прикладывают к этим костям (теменной, височной, лобной, затылочной) и отмечают, есть ли разница в силе восприятия звука.

Для сравнения воздушной и костной проводимости звука проводят также *опыт Ринне*. Ножку звучащего камертона плотно прикладывают к сосцевидному отростку височной кости. Испытуемый слышит постепенно ослабевающий звук. При исчезновении звука (судят по словесному сигналу испытуемого) камертон переносят непосредственно к уху. Испытуемый вновь слышит звук. При помощи секундомера определяют время, в течение которого слышен звук. Во избежание адаптации слухового анализатора во время исследования камертон то отдалают на расстояние около 0,5 м, то на короткое время приближают его к уху (на расстояние 0,5 см). Воздушную проводимость исследуют отдельно для правого и левого уха.

**Рекомендации к оформлению результатов работы:** результаты исследований занесите в таблицу 38.

Таблица 38

**Показатели костной и воздушной проводимости**

Характеристика камертона (число колебаний, Гц)	Тип проведения	Продолжительность восприятия звука камертона, с		
		В норме	У испытуемого	
			Правое ухо	Левое ухо
138	Воздушный	75		
	Костный	35		
256	Воздушный	40		
	Костный	20		
512	Воздушный	80		
	Костный	40		
1024	Воздушный	100		
	Костный	50		
2048	Воздушный	40		
	Костный	20		

**Выводы и обсуждение результатов работы:** сравните полученные в эксперименте данные с нормой. Укажите механизмы воздушной и костной звукопроводимости.



## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

---

### *Контрольные вопросы*

1. Какие факторы определяют остроту зрения?
2. Каковы причины различия границ поля зрения для черно-белого и цветного зрения?
3. Укажите сходства и различия кожного и зрительного анализатора.
4. Укажите механизмы бинокулярной координации движения глаз.
5. Какие функции таламуса связаны с анализом зрительной информации?
6. Каковы современные представления о механизмах звуковосприятия?
7. На чем основано определение локализации источника звука?

### *Контрольные задания*

1. Зарисуйте схему проводящих путей зрительной сенсорной системы.
2. Зарисуйте схему проводящих путей слуховой сенсорной системы.
3. Укажите место локализации первичных слуховых и зрительных центров.
4. Как опытным путем выявить место расположения палочек и колбочек на сетчатке глаза?

### *Контрольные задачи*

1. Известно, что импульсы возбуждения в зрительном нерве возникают лишь в момент включения светового изображения. При непрерывном воздействии света на зрительные рецепторы импульсация в соответствующих волокнах зрительного нерва быстро прекращается, и зрительные ощущения при неподвижных глазах и объектах исчезают. Однако человек видит неподвижные предметы. Каков физиологический механизм этого явления.
2. Человек в светлом костюме кажется более полным, чем в темном. Объясните «ошибку» зрительной сенсорной системы.
3. Почему, находясь под водой, человек не может определить месторасположение моторной лодки?
4. Известно, что сильное механическое воздействие на область уха вызывает ощущение звона в ушах. В чем причина подобного явления?

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Охрана труда и безопасность в учебном процессе.....	4
<b>Глава 1. Введение в физиологию.....</b>	<b>6</b>
<i>Занятие 1.</i> Основные понятия физиологии. Принципы формирования и организации физиологических функций.....	6
<b>Глава 2. Физиология крови.....</b>	<b>12</b>
<i>Занятие 1.</i> Состав крови. Физико-химические свойства крови.....	13
<i>Занятие 2.</i> Защитные реакции крови.....	25
<b>Глава 3. Физиология кровообращения.....</b>	<b>36</b>
<i>Занятие 1.</i> Физиологические свойства сердечной мышцы.....	37
<i>Занятие 2.</i> Внешние проявления деятельности сердца. Методы исследования сердца.....	46
<i>Занятие 3.</i> Регуляция деятельности сердца и сосудов.....	59
<b>Глава 4. Физиология дыхания.....</b>	<b>67</b>
<i>Занятие 1.</i> Внешнее дыхание и его регуляция.....	68
<b>Глава 5. Физиология системы пищеварения.....</b>	<b>81</b>
<i>Занятие 1.</i> Анатомо-физиологические основы пищеварения.....	82
<b>Глава 6. Обмен веществ и энергии.....</b>	<b>91</b>
<i>Занятие 1.</i> Обмен веществ и энергии. Физиолого-гигиенические основы питания.....	92
<i>Занятие 2.</i> Обмен веществ и нейрогуморальные механизмы его регуляции.....	112
<b>Глава 7. Гормонально-гуморальные механизмы его регуляции.....</b>	<b>116</b>
<i>Занятие 1.</i> Гуморальные механизмы регуляции вегетативных функций организмов.....	116
<b>Глава 8. Физиология возбудимых тканей.....</b>	<b>134</b>
<i>Занятие 1.</i> Биоэлектрические явления. Механизмы процесса возбуждения и основные закономерности раздражения возбудимых тканей.....	135
<b>Глава 9. Физиология центральной нервной системы.....</b>	<b>149</b>
<i>Занятие 1.</i> Рефлекторный принцип деятельности нервной системы. Процессы возбуждения и торможения в ЦНС.....	151
<i>Занятие 2.</i> Функции спинного и стволовой части головного мозга.....	162
<i>Занятие 3.</i> Нервные механизмы регуляции вегетативных функций.....	178
<b>Глава 10. Физиологические основы формирования поведения.....</b>	<b>186</b>
<i>Занятие 1.</i> Механизм и условия формирования условно-рефлекторной деятельности организма.....	187
<i>Занятие 2.</i> Типологические особенности высшей нервной деятельности человека.....	195
<i>Занятие 3.</i> Физиологические особенности психической деятельности.....	207
<b>Глава 11. Физиология сенсорных систем.....</b>	<b>221</b>
<i>Занятие 1.</i> Общая физиология сенсорных систем.....	223
<i>Занятие 2.</i> Физиология зрительной и слуховой сенсорной систем.....	228

Учебное издание

**Дарья Захаровна Шибкова**

**Практикум по физиологии человека и животных**

Учебное пособие

ISBN 978-5-906777-47-8

Работа рекомендована РИСом ЧГПУ

Протокол № , пункт от

Издательство ЧГПУ

454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69

Редактор Е.М. Сапегина

Технический редактор Т.Н. Никитенко

Подписано в печать 04.06.2015 г.

Формат 60×84/16. Объем 14,5 уч.-изд..л.

Тираж 100. Заказ .

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ЧГПУ

454080 г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 69