

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

Кафедра Безопасность жизнедеятельности

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

### «ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА»

Федерального государственного образовательного стандарта ВПО по направлению 280700.62 «Техносферная безопасность», утвержденного приказом № 723 Министерством образования и науки РФ от 14 декабря 2009 г.

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан кандидатом медицинских наук, доцентом  
Мирошниченко Анатолием Николаевичем

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры  
Протокол заседания кафедры от «29» \_октября 2012 г. №2  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Булгаков

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМСС 280700.62 "Техносферная безопасность"

от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 \_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Председатель УМСС \_\_\_\_\_

/

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа учебной дисциплины
2. План-конспект лекций
3. Методические указания (рекомендации) для преподавателя
4. Методические указания (рекомендации) для студентов к практическим занятиям
5. Методические указания (рекомендации) по самостоятельной работе студентов
6. Контроль знаний
  - 6.1. Текущий контроль знаний
  - 6.2. Итоговый контроль знаний
7. Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в изучении дисциплины

## 1. Рабочая программа учебной дисциплины

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

Утверждаю  
Проректор по УР  
\_\_\_\_\_ (В.В. Проказин)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

#### «ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА»

Направление подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность»  
по профилю «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»  
Квалификация выпускника – бакалавр  
Специальное звание

Курс 2 Семестр 3  
Лекции 18 (час.) Зачет 3 семестр  
Практические занятия 36 (час.)  
Самостоятельная работа 54 (час.)  
Общая трудоемкость дисциплины 108 (час.), 3 (з.е.)

Составитель Мирошниченко А.Н., доцент, к.мед. н.  
Факультет Инженерно-физический  
Кафедра безопасности жизнедеятельности

Благовещенск 2012 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВПО по направлению 280700.62 «Техносферная безопасность», утвержденного приказом № 723 Министерством образования и науки РФ от 14. 12. 2009 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Безопасность жизнедеятельности «29» октября 2012 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Булгаков

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методического совета направления 280700.62 «Техносферная безопасность»

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель \_\_\_\_\_ А.Б. Булгаков  
(подпись)

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры  
от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Булгаков  
(подпись, дата) (И.О.Ф.)

СОГЛАСОВАНО  
Начальник учебно-методического  
управления  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Председатель учебно-методического  
совета факультета  
\_\_\_\_\_ В.И. Митрофанова  
(подпись)

«    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий выпускающей кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.Б. Булгаков  
(подпись)

«    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО  
Директор научной библиотеки  
\_\_\_\_\_ Л.А. Проказина  
(подпись)

«    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов представления о строении и функционировании организма человека как единого целого.

Задачи изучения дисциплины это формирование у студентов знаний, умений и навыков оценки: организма человека и его основных физиологических функций; обмена веществ; развития и роста организма как единого целого; единства функций и форм; нервной высшей деятельности; органов чувств; физиологии двигательного аппарата; физиологии деятельности внутренних органов.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Физиология человека» входит в состав Б.2. Математический и естественнонаучный цикл. Вариативная часть Б.2.8. Физиология человека. Она содержательно методически связана с психологией, ноксологией и экологией. Имеет логическую связь с неорганической и органической химией, а также химией окружающей среды.

При освоении дисциплины «Физиология человека» студент должен в рамках программы средней школы иметь знания в области анатомии и физиологии человека, а также общей биологии.

Преподавание учебной дисциплины основывается на знаниях таких дисциплин как: Б.2.1 Высшая математика. Б.2.3 Физика. Б.2.5 Химия. Б.2.6 Экология. Б.2.7 Ноксология.

Знания в области дисциплины «Физиология человека» как предшествующие необходимы студентам для освоения таких дисциплин, как Б.2.9 «Токсикология», Б.3.8 «Безопасность жизнедеятельности»; Б.3.9 «Медико-биологические основы безопасности».

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: предмет, цель, задачи дисциплины и ее значение для своей будущей профессиональной деятельности; закономерности функционирования клеток, тканей, органов, систем здорового организма и механизм его регуляции, рассматриваемых с позиции общей физиологии и интегративной поведенческой деятельности человека; информационную ценность различных показателей (констант) и механизмы регуляции функционирования клеток, тканей, органов, систем и целостного организма при достижении приспособленного результата; общие принципы построения, функционирования и значения ведущих функциональных систем организма; закономерности формирования и регуляции основных форм поведения организма в зависимости от условий его существования; возрастные особенности физиологических систем организма.

Уметь: оценивать основные закономерности формирования и регуляции физиологических функций организма, подвергающегося воздействию различных неблагоприятных факторов среды обитания.

Владеть: знаниями по физиологии человека при установлении норм вредных и травмоопасных факторов в конкретных условиях производства, быта и иных видов среды обитания для сохранения и поддержания здоровья человека.

В процессе освоения дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность учиться) (ОК-4);

способностью организовать свою работу ради достижения поставленных целей; готовность к использованию инновационных идей (ОК-6);

владением культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности (ОК-7);

способностью работать самостоятельно (ОК-8);

способностью принимать решения в пределах своих полномочий (ОК-9);

способностью к познавательной деятельности (ОК-10);  
 способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач (ОК-11);

способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способностью к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций (ОК-12);

способностью использования основных программных средств, умением пользоваться глобальными информационными ресурсами, владением современными средствами телекоммуникаций, способностью использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач (ОК-13);

способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ОК-16).

способностью пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и природной среды в техносфере (ПК-11);

способностью ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности (ПК-19).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек.	Прак. зан.	Сам. раб.	
1	Введение. Центральная и вегетативная нервная системы. Органы чувств.	4	1-4	2	6	8	Собеседование Тесты Контрольные работы
2	Внутренняя среда организма	4	5-7	2	4	8	Собеседование Тесты Контрольные работы
3	Физиология желез внутренней секреции	4	8-10	2	6	8	Собеседование Тесты Контрольные работы
4	Физиология кровообращения	4	11-12	2	4	8	Собеседование Тесты Контрольные работы
5	Физиология дыхания	4	13-14	4	6	8	Собеседование Тесты Контрольные работы
6	Организация пищеварительной системы, физиология выделения	4	15-16	4	6	8	Собеседование Тесты Контрольные работы
7	Обмен веществ, энергии и процессы терморегуляции организма	4	17-18	2	4	6	Собеседование Тесты Контрольные работы
	Итого		1-18	18	36	54	Зачет

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Центральная и вегетативная нервная системы. Органы чувств.

Основные понятия физиологии, организм, единство организма и внешней среды. Понятие о гомеостазе. Физиологическая функция. Параметры. Норма функции. Физиологическая адаптивная реакция. Возрастные изменения функций, взаимоотношение структуры и функции. Физиология как наука о жизнедеятельности здорового человека и физиологических основах здорового образа жизни. Диагностика здоровья и прогнозирование функциональной активности организма человека.

Клетка, ее функции. Ткани организма, их виды и особенности функций. Функциональный элемент. Орган, физиологические особенности. Физиологические основы функций. Понятие о раздражимости и возбудимости. Мембранные и внутриклеточные процессы при раздражении клеток.

Роль центральной нервной системы (ЦНС) в интегративной приспособительной деятельности организма. Нейрон как структурно-функциональная единица ЦНС. Методы исследования функций ЦНС (перерезка, разрушение, раздражение, стереотаксическая методика, электроэнцефалография, внутримозговое введение веществ, гистохимические, радиоиммунологические методики, электронная микроскопия, хронорефлексометрия).

Закономерности и особенности возбуждения в ЦНС. Понятие о нервных цепях. Пространственная и временная суммация возбуждения, трансформация ритма возбуждения, посттетаническая потенциация. Низкая лабильность ЦНС, ее утомляемость, чувствительность к нейротропным средствам. Основные принципы распространения процессов возбуждения в ЦНС. Понятие о дивергенции и конвергенции возбуждения, центральная задержка, реверберация. Торможение в ЦНС, его основные виды: пресинаптическое, постсинаптическое, их механизмы.

Спинальный мозг. Роль спинного мозга в процессах регуляции деятельности опорно-двигательного аппарата и вегетативных функций организма.

Продолговатый мозг и мост. Центры продолговатого мозга и моста, их участие в процессах саморегуляции функций. участие продолговатого мозга и моста в интегративной деятельности ЦНС.

Средний мозг, его роль в процессах саморегуляции функций. Участие среднего мозга в интегративной деятельности ЦНС.

Мозжечок. Корректирующее и стабилизирующее влияние мозжечка на моторную функцию, его место в интегративной деятельности ЦНС.

Ретикулярная формация. Особенности нейронной организации ретикулярной формации ствола мозга. Значение ретикулярной формации в регуляции вегетативных функций.

Таламус – коллектор эфферентных путей. Таламо-кортикальные и кортико-таламические взаимоотношения. Их значение в интегративной деятельности мозга.

Гипоталамус – высший подкорковый вегетативный центр, его роль в управлении гомеостатическими процессами. Участие гипоталамуса в формировании мотиваций, эмоций, стресса, биоритмов. Значение гипоталамуса в интегративной деятельности ЦНС.

Кора больших полушарий головного мозга. Роль коры в формировании системной деятельности организма. Современные представления о локализации функций в коре. Корово-подкорковые и корково-висцеральные взаимоотношения. Парность в деятельности коры больших полушарий. Функциональная асимметрия полушарий у человека.

Вегетативная нервная система. Симпатический, парасимпатический и метасимпатический отделы вегетативной нервной системы. Принцип организации эфферентного звена вегетативных рефлексов. Медиаторы вегетативной нервной системы. Основные виды рецептивных субстанций (адренергические, холинергические и др.) и вегетотропных синаптоактивных веществ. Вегетативные центры. Роль гипоталамуса, мозжечка, лимбической системы, ретикулярной формации и коры больших полушарий в регуляции вегетативных функ-

ций. Участие вегетативной нервной системы в интеграции функции при формировании целостных поведенческих актов.

Учение И.П. Павлова об анализаторах. Роль анализаторов в познании окружающего мира. Методы изучения сенсорных систем. Общие свойства рецепторных образований. Взаимодействие анализаторов.

Зрительная сенсорная система. Развитие и строение глаза. Проводящие пути и корковый отдел зрительного анализатора. Бинокулярное зрение, рефракция, аккомодация, острота зрения, развитие цветового зрения.

Слуховой и вестибулярный анализаторы. Строение слухового анализатора. Проведение звука. Механизм восприятия звуков различной частоты и интенсивности. Вестибулярный аппарат как анализатор положения и перемещения тела в пространстве. Его периферический отдел, афферентный путь и корковый отдел.

Кожная, двигательная, обонятельная и сенсорные системы. Их значение и общий план строения, функционирования.

Адаптация анализаторов. Возрастные изменения сенсорных систем.

## Раздел 2. Внутренняя среда организма

Понятие о системе крови. Основные функции крови. Клинические методики исследования крови. Состав и количество крови человека. Основные физиологические константы крови и основные механизмы их регуляции.

Плазма и ее состав. Гематокрит. Осмотическое и онкотическое давление.

Эритроциты. Строение, количество, методики подсчета, функции. Строение и свойство гемоглобина, его соединения. Количество гемоглобина, методики его определения. Критерий насыщения эритроцитов гемоглобином, определения цветного показателя. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) и факторы, влияющие на нее.

Лейкоциты. Строение, количество, методики подсчета. Понятие о лейкоцитарной формуле. Нервная и гуморальная регуляция лейкопоэза.

Тромбоциты, их строение, количество, функции. Понятие о гомеостазе. Свертывающая и противосвертывающая системы крови как главные факторы поддержания жидкого состояния крови.

Группы крови (система АВО, резус принадлежность). Правила переливания крови. Кровезаменяющие растворы.

## Раздел 3. Физиология желез внутренней секреции

Структурно-функциональная организация эндокринной системы. Основные механизмы действия гормонов. Саморегуляция эндокринной системы, транс- и парагипофизная регуляция эндокринных желез. Связи желез внутренней секреции. Участие эндокринной системы в интегративной приспособительной деятельности организма. Возрастные особенности эндокринной системы.

Гипоталамо-гипофизарная система. Функциональные связи гипоталамуса с гипофизом. Гипофиз, его гормоны.

Щитовидная железа, тиреоидные гормоны и их роль в регуляции обмена веществ и энергии, в росте и развитии организма. Регуляция деятельности щитовидной железы.

Поджелудочная железа. Роль гормонов в регуляции углеводного, белкового и липидного обменов. Регуляция эндокринной функции поджелудочной железы.

Надпочечники. Гормоны коркового вещества надпочечников, их роль в регуляции обмена веществ и функций организма. Функция мозгового вещества надпочечников. Регуляция функций надпочечников.

Половые железы. Мужские и женские половые гормоны, их роль в регуляции обмена веществ и функций организма.

Эпифиз, гормоны, их роль в регуляции функций организма ("биоэкологические часы").

## Раздел 4. Физиология кровообращения

Морфофункциональная характеристика системы крово- и лимфообращения. Роль и место системы крово- и лимфообращения в поддержании жизнедеятельности организма.

Сердце. Понятие о возбудимости, проводимости, сократимости и автоматии сердца. Проводящая система сердца, ее функциональные особенности. Сердечный цикл и его фазовая структура. Систолический и минутный объем крови, сердечный индекс. Работа сердца. Регуляция сердечной деятельности. Возрастные изменения сердечной деятельности.

Системное кровообращение. Функциональная классификация кровеносных и лимфатических сосудов. Основные законы гемодинамики. Общее периферическое сопротивление сосудов. Механизм формирования сосудистого тонуса. Факторы, обеспечивающие движение крови и лимфы по сосудам высокого и низкого давления. Скорость движения крови и лимфы по сосудам высокого и низкого давления. Скорость движения крови и лимфы в различных отделах системы крово- и лимфообращения. Время полного кругооборота крови. Кровяное давление, его виды (систолическое, диастолическое, пульсовое, среднее, центральное, периферическое, артериальное, венозное). Факторы, определяющие величину кровяного давления.

Органное кровообращение. Изменение органного кровообращения при мышечной нагрузке, приеме пищи, при гипоксии, стрессе и других состояниях.

Микроциркуляция и ее роль в механизме обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканями.

#### Раздел 5. Физиология дыхания

Значение дыхания для организма. Основные этапы процесса дыхания. Дыхательный цикл. Вентиляция легких (минутная, альвеолярная), ее неравномерность в разных отделах органа.

Механизм вдоха и выдоха. Газообмен в легких. Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Способы определения.

Транспорт газов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) кровью. Гемоглобин, его формы. Миоглобин. Факторы, влияющие на диссоциацию оксигемоглобина. Кислородная емкость крови. Газообмен между кровью и тканями. Напряжение  $O_2$ ,  $CO_2$  в тканевой жидкости и клетках.

Регуляция дыхания. Условно-рефлекторная и произвольная регуляция дыхания.

Дыхание при физической работе, при повышенном и пониженном барометрическом давлении. Резервные возможности системы дыхания. Защитные дыхательные рефлексы. Дыхание при речи. Функциональная система поддержания постоянства газового состава крови.

#### Раздел 6. Организация пищеварительной системы, физиология выделения

Значение пищеварения и методы его исследования. Переваривающая, всасывательная и двигательная функция органов пищеварения. Переваривание в полости рта, желудке, тонком и толстом кишечнике. Значение печени для организма и роль желчи в пищеварении. Пищеварительная функция поджелудочной железы. Всасывание питательных веществ в различных отделах пищеварительного тракта. Значение кишечной микрофлоры для организма человека.

Нейрогуморальная регуляция пищеварения. Биологически активные вещества пищеварительного тракта, их эффекты. Периодическая деятельность органов пищеварения.

Почки, их роль в поддержании азотистого баланса, осмотического давления, рН крови, объема крови. Строение почек. Нефрон как структурная единица почки. Механизм образования мочи. Нервная и гуморальная регуляция мочеобразования и мочевыделения. Мочевыделительные пути. Адаптивные изменения функции почек при различных условиях внешней среды.

Кожа как выделительный орган. Функция сальных и потовых желез и регуляция их деятельности. Защитная функция эпидермиса, рецепторная, терморегуляторная функции кожи.

#### Раздел 7. Обмен веществ, энергии и процессы терморегуляции организма

Общее понятие об обмене веществ в организме. Обмен веществ между организмом и внешней средой как основное условие жизни и сохранения гомеостаза. Пластическая и энергетическая роль питательных веществ. Общее представление об обмене и специфическом

синтезе в организме жиров, углеводов, белков. Азотистое равновесие. Положительный и отрицательный азотистый баланс.

Значение минеральных веществ и микроэлементов, потребность в них. Значение воды для организма. Факторы, определяющие ее распределение и перемещение в организме. Понятие о водном балансе. Регуляция водного и минерального обменов. Характеристика водного и минерального обмена при работе в горячих цехах.

Витамины, их физиологическая роль. Общебиологическая характеристика основных групп витаминов.

Энергетический баланс организма. Учет прихода и расхода энергии: физическая калориметрия (исследование энергозатрат с помощью полного и неполного газового анализа, по частоте сердечных сокращений). Основной обмен веществ, факторы, его определяющие. Специфически динамическое действие питательных веществ. Рабочий обмен. Энергетические затраты организма при различных видах труда.

Физиологические нормы питания. Потребность в белке в зависимости от возраста, вида труда и состояния организма. Суточная потребность в жирах, углеводах, минеральных солях и витаминах. Физиологические основы рационального питания.

Постоянство температуры внутренней среды организма как необходимое условие нормального протекания метаболических процессов. Пойкило, гомойо- и геиеротермия. Температура человека и ее суточное колебание. Температура различных участков кожных покровов и внутренних органов человека. Физическая и химическая терморегуляция. Обмен веществ как источник образования теплоты. Роль отдельных органов в теплопродукции. Теплоотдача. Способы отдачи теплоты с поверхности тела (излучение, проведение, испарение). Физиологические механизмы теплоотдачи (кровоток в кожных сосудах, потоотделение и т.д.).

Периферические и центральные механизмы терморегуляции. Терморцепторы. Центр терморегуляции. Нервные и гуморальные механизмы терморегуляции. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды при изменениях температуры внешней среды. Возрастные особенности терморегуляции.

## 5.2 Содержание тем практических занятий дисциплины

### Практическое занятие № 1-2

#### Строение нейрона и химического синапса

1. Зарисовать в рабочую тетрадь схемы униполярного, биполярного и мультиполярного нейронов с описанием их строения.
2. Зарисовать в рабочую тетрадь схему строения аксона нейрона. Дать описание строения аксона.
3. Зарисовать в рабочую тетрадь схему строения химического синапса и записать механизм передачи импульса.
4. Дать характеристику медиаторов ацетилхолина и норадреналина, объяснить механизм их действия.

#### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1. - б. г.
2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

### Практическое занятие № 3-4

#### Сенсорные системы

1. Зарисовать схему слуховой сенсорной системы.

2. Зарисовать схему вкусовых рецепторов.
3. Зарисовать схему палочек и колбочек.
4. Зарисовать схему строения сетчатки глаза.
5. В заданиях 1-4 пояснить принцип действия сенсорных систем, записать ответы.

#### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

2. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

#### Практическое занятие № 5-6

##### Внутренняя среда организма

1. Нарисовать схему – Внутренняя среда организма.
2. Нарисовать схему – Состав крови.
3. Нарисовать схему – Ионный состав жидкостей организма.
4. Составить таблицу компонентов плазмы крови.
5. По работам 1-4 дать пояснения в письменном виде.

#### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

#### Практическое занятие № 7-8

##### Физиология желез внутренней секреции.

1. Нарисовать схему гормональной регуляции организма.
2. Нарисовать схему управления эндокринными железами.
3. Перечислить гормоны, регулирующие энергетический обмен.
4. Нарисовать схему нейроэндокринной регуляции.
5. Нарисовать схему регуляции обмена глюкозы.
6. Нарисовать схему механизма действия гормонов.
7. Нарисовать схему взаимодействия гормона с внутриклеточными рецепторами.

#### Литература

1. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

2. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

3. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

#### Практическое занятие № 9-10

##### Физиология кровообращения.

1. Нарисовать схему кровообращения.
2. Нарисовать схему фаз сердечного цикла.
3. Нарисовать схему общей иннервации сердца.
4. Нарисовать схему сосудодвигательного центра.

#### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2

ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

Практическое занятие № 11-12-13

Физиология дыхания.

1. Нарисовать схему транспорта газов при дыхании.
2. Зарисовать схему дыхательной системы организма (трахея, легкие).
3. Зарисовать схему и объяснить изменения плеврального и других видов давления.
4. Зарисовать схему виды легочных объемов организма.
5. Зарисовать схему альвеолы легкого.
6. Зарисовать схему транспорта газов и пояснить сущность этого явления.
7. Зарисовать схему аэрогематического барьера.
8. Зарисовать схему центрального дыхательного механизма.
9. Зарисовать схему механизма регуляции дыхания при мышечной работе.
10. Все задания должны иметь пояснения сущности процессов физиологии дыхания.

Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

Практическое занятие № 14-15-16

Пищеварительная и выделительные системы.

1. Нарисовать схему пищеварения организма (от ротовой полости до акта дефекации).
2. Нарисовать схему регуляции выработки HCL.
3. Нарисовать схему механизма секреции желчи.
4. Нарисовать схему кишечной клетки.
5. Нарисовать схемы переваривания белков, жиров, углеводов.
6. Нарисовать схему строения нефрона.

Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1. - б. г.

2. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

Практическое занятие № 17-18

Обмен веществ, энергии и процессы терморегуляции организма.

1. Зарисовать схему превращения энергии в организме.
2. Записать и проанализировать уравнение энергетического баланса.
3. Зарисовать схему метаболизма питательных веществ.
4. Зарисовать схему центрального механизма терморегуляции.
5. Зарисовать схему физической и химической терморегуляции.

#### Литература

1. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
2. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
3. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
4. Физиология человека [Текст] : Учеб. пособие / Е. Б. Бабский [и др.]. - М. : Медицина, 1972. – 656 с.

#### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в часах
1	Введение. Центральная и вегетативная нервная системы. Органы чувств.	Изучить историю развития физиологии как науки. Современная теория строения клетки живого организма.	8
2	Внутренняя среда организма	Изучить изменения в системе крови при физической нагрузке и других вредных факторов.	8
3	Физиология желез внутренней секреции	Изучить железы внутренней секреции и процессы адаптация организма.	8
4	Физиология кровообращения	Изучить механизм работы сердечной мышцы.	8
5	Физиология дыхания	Изучить строение легочной ткани. Роль дыхательной системы в процессах адаптации к воздействию пылевых факторов среды обитания.	8
6	Организация пищеварительной системы, физиология выделения	Строение пищеварительного тракта. Современные воззрения на процессы всасывания пищевых веществ в организме. Выделительная система.	8
7	Обмен веществ, энергии и процессы терморегуляции организма	Изучить характеристики витаминов. Система терморегуляции организма.	6
	Итого		54

#### 7.МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номера разделов	Компетенции												Итого компетен-
	ОК-4	ОК-6	ОК-7	ОК-8	ОК-9	ОК-10	ОК-11	ОК-12	ОК-13	ОК-16	ПК-11	ПК-19	

													ций
1	+			+	+	+	+					+	6
2	+			+		+						+	4
3	+	+		+	+	+	+	+	+			+	9
4	+			+	+	+	+		+	+	+	+	9
5	+	+	+	+		+	+				+	+	8
6	+			+	+	+	+		+			+	7
7	+			+		+			+			+	5

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии реализуются в ходе выполнения таких видов учебной работы как: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

При проведении занятий используются следующие активные формы занятий: ролевая игра, разбор конкретных ситуаций, просмотр научных фильмов, метод дебатов.

## 9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оценочные средства составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка средств. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

Образцы различных видов оценочных средств по дисциплине представлены ниже.

Первый промежуточный контроль знаний студентов

На этом этапе контроля знаний студентов используются тесты:

1. Первый чувствительный нейрон находится в:

а. передних рогах спинного мозга

б. задних рогах спинного мозга

в. боковых рогах

2. К соединительной ткани относятся:

а. мышечная

б. костная

в. нервная

г. эпителиальная

3. Что такое гликоген?

а. гормон передней доли гипофиза

б. фермент поджелудочной железы

в. красный пигмент крови

г. полимер глюкозы

4. Теорию функциональных систем разработал:
- а. И.П.Павлов
  - б. В.В.Парин
  - в. И.М.Сеченов
  - г. П.К.Анохин
5. Симпатический и парасимпатический отделы принадлежат к:
- а. центральной нервной системе
  - б. автономной (вегетативной) нервной системе
  - в. соматической нервной системе
  - г. ни один из ответов не верен
6. Продолговатый мозг регулирует:
- а. пищеварение
  - б. дыхание
  - в. сердечную деятельность
  - г. верны все ответы
7. Поверхность больших полушарий головного мозга образована:
- а. серым веществом
  - б. белым веществом
  - в. соединительной тканью
  - г. эпителиальной тканью
8. Слуховая зона коры головного мозга расположена в:
- а. лобной доле коры
  - б. височной доле коры
  - в. затылочной доле коры

	г. теменной доле коры
9. Только нервным путем регулируется:	а. половая система
	б. обмен веществ
	в. выделительная система
	г. все ответы неверны
10. Нервы, управляющие деятельностью гортани и глотки, отходят от:	а. спинного мозга
	б. продолговатого мозга
	в. среднего мозга
	г. переднего мозга

#### Второй промежуточный контроль знаний студентов

На втором этапе контроля знаний студентов используются контрольные работы:

1. Какие функции свойственны живому организму.
2. Механизм транспорта кислорода кровью.

Контрольная работа № 2

1. Основные свойства живой материи организма.
2. Механизм транспорта углекислого газа кровью.

Контрольная работа № 3

1. Что такое рефлекс?
2. Роль витаминов в жизнедеятельности организма.

Контрольная работа № 4

1. Понятие о гомеостазе организма.
2. Механизм транспорта угарного газа кровью.

Контрольная работа № 5

1. Виды нервной системы.
2. Перечислите функции крови.

Контрольная работа № 6

1. Какие функции осуществляет головной мозг человека.
2. Физиологическое значение жиров для организма

Контрольная работа № 7

1. Роль почек в выделении из организма вредных веществ.
2. Механизмы адаптации организма к факторам окружающей среды..

Контрольная работа № 8

1. Что относится к двигательной системе организма.
2. Значение поджелудочной железы в обеспечении безопасности организма.

Контрольная работа № 9

1. Основные отделы вегетативной нервной системы.

2. Обмен веществ как источник образования теплоты.

Контрольная работа № 10

1. Какое влияние оказывает недостаток йода на организм.

2. Какое значение имеет обонятельная система в безопасности жизнедеятельности.

Контрольная работа № 11

1. Общее понятие об обмене веществ в организме.

2. Чем отличаются условные и безусловные рефлексы.

Контрольная работа № 12

1. Значение минеральных веществ для организма

2. Перечислите типы высшей нервной деятельности

Контрольная работа № 13

1. В чем состоит защитная функция кожи.

2. Адаптация организма к факторам окружающей среды.

Контрольная работа № 14

1. Значение белков для организма.

2. Зрительная сенсорная система организма.

Контрольная работа № 15

1. Роль почек в выделении из организма вредных веществ.

2. Основные свойства нервных центров.

Контрольная работа № 16

1. Значение печени для организма.

2. Какую роль играют углеводы в жизнедеятельности организма.

Контрольная работа № 17

1. Перечислите функции коры головного мозга.

2. Какие факторы определяют величину кровяного давления.

Контрольная работа № 18

1. Характеристика пульса, его изменение при мышечной работе.

2. Значение слухового анализатора при обеспечении безопасности жизнедеятельности.

Контрольная работа № 19

1. Как изменяются энергетические затраты организма при различных видах труда.

2. Строение нейрона.

Контрольная работа № 20

1. Плазма крови и ее состав.

2. Значение печени для организма.

Итоговый контроль по дисциплине

Примерные вопросы для подготовки к зачету

1. Дать определение понятия «Организм». Основные свойства живой материи (организма).

2. Что такое рефлекс, перечислить основные части элементарной схемы рефлекса.

3. Понятие о гомеостазе, что составляет его содержание.

4. Понятие об адаптации. Биологические и социальные факторы, лежащие в основе адаптации.

5. Виды, фазы и критерии адаптации. Механизмы развития адаптивных реакций.

6. Специфические изменения организма к отдельным факторам (усиление мышечной деятельности, гиподинамия, гипоксия и др.).

7. Возрастные изменения функций, взаимоотношение структуры и функции.

8. Понятие о раздражимости и возбудимости, мембранные и внутриклеточные процессы.

9. Роль центральной нервной системы в приспособительной деятельности организма.

10. Раздражимость, характеристика основных групп раздражителей.

11. Группы раздражителей по биологическому значению, адекватные и неадекватные раздражители.

12. Возбудимые ткани. Специфические и неспецифические признаки возбуждения.
13. Понятие "Возбуждение", признаки и фазы возбуждения.
14. Роль спинного мозга в процессах регуляции деятельности опорно-двигательного аппарата и вегетативных функций организма.
15. Головной мозг, строение, участие его в интегративной приспособительной деятельности ЦНС.
16. Роль коры головного мозга в формировании системной деятельности организма.
17. Вегетативная нервная система, основные ее отделы.
18. Основные механизмы действия гормонов, их роль в регуляции обмена веществ и функций организма (на примере одной из желез внутренней секреции).
19. Понятие о системе, функции, константах крови.
20. Функциональные особенности сердечной мышцы, фазы работы сердца.
21. Понятие о скорости движения крови, основные законы гемодинамики.
22. Кровяное давление, его виды, факторы, которые определяют его величину.
23. Понятие об органном кровообращении, его изменение в процессе жизнедеятельности.
24. Показатели, характеризующие артериальное давление крови. Какие факторы влияют на его величину.
25. Характеристика пульса, его изменение при воздействии факторов окружающей среды.
26. Сущность процесса дыхания, этапы, типы дыхания.
27. Транспорт газов (кислород, углекислый газ, угарный газ) кровью. Гемоглобин, его формы.
28. Значение пищеварения и методы его исследования.
29. Характеристика переваривающей функции органов пищеварения.
30. Значение печени для организма и роль желчи в пищеварении.
31. Значение поджелудочной железы для организма и ее роль в пищеварении.
32. Общее понятие об обмене веществ в организме.
33. Значение белкового питания для организма, азотистое равновесие.
34. Значение минеральных веществ и микроэлементов для организма.
35. Характеристика водного и минерального обмена при работе в горячих цехах.
36. Сущность обмена углеводов в организме.
37. Физиологическая значимость жиров для организма.
38. Витамины, их физиологическая роль.
39. Энергетический баланс организма, энергетические затраты организма при различных видах труда.
40. Физиологические основы рационального питания.
41. Обмен веществ как источник образования теплоты.
42. Процессы физической, химической и физиологической терморегуляции организма.
43. Почки, их роль в поддержании азотистого баланса, осмотического давления, рН крови, объема крови.
44. Адаптивные изменения функции почек при различных условиях внешней среды.
45. Кожа как защитный и выделительный орган организма.
46. Роль анализаторов в процессах адаптации организма к факторам окружающей среды.
47. Значение зрительной сенсорной системы организма, проводящие пути, бинокулярное зрение, аккомодация, цветовое зрение.
48. Причины возникновения и характеристика зрительных иллюзий, обусловленных оптическим несовершенством глаза.
49. Значение слухового и вестибулярного анализаторов организма, их адаптация к факторам окружающей среды.
50. Обонятельная сенсорная система, функционирование, адаптация.

51. Двигательная сенсорная система, основная особенность рецепторов периферического двигательного анализатора.

52. Факторы, способствующие формированию и развитию органов чувств. Основные этапы развития органов чувств.

53. Дайте определения и характеристику следующим понятиям: пороги ощущения, сенсбилизация, адаптация.

54. Основные типы мышц, их механизмы сокращения.

55. Характеристика основных функциональных различий гладкой и поперечно-полосатой мускулатуры.

56. Формы адаптации.

57. Фазы развития процессов адаптации.

58. Характеристика природных адаптагенных факторов.

59. Характеристика социальных адаптагенных факторов.

60. Факторы, обусловившие возникновение и развитие центральной нервной системы. Главные особенности и тенденции в ее развитии.

61. Нейрон: строение, виды нейронов.

62. Виды рефлексов, различие условных и безусловных рефлексов.

63. Характеристика основных свойств нервных центров.

64. Характеристика процессов торможения в центральной нервной системе, понятие, биологическая роль.

65. Закономерности координации нервных процессов.

66. Понятие об индукции в центральной нервной системе, виды индукции.

67. Механизм образования условных рефлексов.

68. Дайте определение – что такое память. Механизм памяти.

69. Дайте характеристику второй сигнальной системе человека, ее роль в процессах адаптации.

70. Дайте характеристику типам нервной высшей деятельности.

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Мирошниченко. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2005. - 152 с.

2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

б) дополнительная литература:

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1. - б. г.

2. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

3. Бернштейн, Н.А. Физиология движений и активность [Текст] / Н. А. Бернштейн. - М. : Наука, 1990. - 496 с.

4. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.

5. Казаков, В.Н. Физиология в задачах [Текст] : Учеб. пособие / Казаков В.Н., Лекаев В.В., Тарапата Н.И.. - Ростов н/Д : Феникс, 1996. - 411 с.

6. Медведев, В.И. Адаптация человека [Текст] : [ Моногр.] / В.И. Медведев. - СПб. : Изд-во Ин-та мозга РАН, 2003. - 552 с

7. Морозова, Л.Л. Человек и ноксосфера (Школа БЖД) [Текст] / Л. Л. Морозова. - М. : Новые технологии, 2006 . - 24 с.

8. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. -142 с.

9. Рабинович, М.Я. Замыкательная функция мозга (нейронные механизмы) [Текст] : моногр. / М. Я. Рабинович. - М. : Медицина, 1975. - 248 с.
10. Розенблат, В.В. Симфония жизни [Текст] : (популярная физиология человека) / В. В. Розенблат. - М. : Физкультура и спорт, 1989. - 240 с.
11. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
12. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
13. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 3. - 1996. - 890 с.
14. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса, пер. с англ. под ред. П. Г. Костюка. Т. 1. - 1996. - 324 с.
15. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 2. - 1996. - 642 с.
16. Физиология человека [Текст] : Учеб. пособие / Е. Б. Бабский [и др.]. - М. : Медицина, 1972. - 656 с.
17. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

периодические издания:

1. «Гигиена и санитария»
2. «Медицина труда и промышленная безопасность»

программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.iqlib.ru">http://www.iqlib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
2	Консультант +	Справочно-правовая система. Содержит законодательную базу, нормативно-правовое обеспечение, статьи.
3	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека- online» <a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a>	ЭБС по тематике охватывает всю область гуманитарных знаний и предназначена для использования в процессе обучения в высшей школе, как студентами и преподавателями, так и специалистами-гуманитариями.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Телеаппаратура и мультимедийный аппарат (все – в стандартной комплектации для лекционных, практических занятий); доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки); тренажер для формирования навыков неотложной доврачебной помощи взрослому человеку.

## 12. ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Итоговый контроль знаний проводится в форме зачета

Нормы оценки знаний предполагают учет индивидуальных особенностей студентов, дифференцированный подход к обучению, проверке знаний и умений.

В устных ответах студентов на зачете, в сообщениях и докладах, а также в письменных видах работ оцениваются знания и умения по пятибалльной системе. При этом учитываются: глубина знаний, полнота знаний и владение необходимыми умениями (в объеме программы); осознанность и самостоятельность применения знаний и способов учебной деятельности, логичность изложения материала, включая сообщения, выводы (в соответствии с заданным вопросом), соблюдение норм литературной речи.

Требования к зачету по дисциплине

Зачет сдается в конце семестра. Форма сдачи зачета – устная. Необходимым допуском к зачету является сдача текста и защита научно-реферативного доклада объемом не более

20 страниц машинописного текста, а также в случае пропуска лекций рефератов по темам пропущенных лекций, отработка всех тем практических занятий, получение положительных оценок по тестам промежуточного контроля знаний по дисциплине. В предлагаемом билете имеется три вопроса, на которые студент должен дать развернутый ответ. При этом показать знание теории и продемонстрировать свободную ориентацию в указанном материале, знание понятий и терминологии, ответить на уточняющие вопросы. Выполнение указанных требований оценивается оценкой «зачтено».

Основные критерии оценки знаний студентов на зачете

Оценка	Полнота, системность, прочность знаний	Обобщенность знаний
«зачтено»	Изложение полученных знаний в устной, письменной или графической форме, полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются единичные незначительные ошибки, самостоятельно исправляемые студентами	Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявление причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений; свободное оперирование известными фактами и сведениями с использованием сведений из других предметов
	Изложение полученных знаний в устной, письменной и графической форме, полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются отдельные незначительные ошибки, исправляемые студентами после указания преподавателя на них	Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявление причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений, в которых могут быть отдельные незначительные ошибки; подтверждение изученного известными фактами и сведениями
	Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего программного материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя	Затруднения при выполнении существенных признаков изученного, при выявлении причинно-следственных связей и формулировке выводов
«незачтено»	Изложение учебного материала неполное, бессистемное, что препятствует усвоению последующей учебной информации; существенные ошибки, не исправляемые даже с помощью преподавателя	Бессистемное выделение случайных признаков изученного; неумение производить простейшие операции анализа и синтеза; делать обобщения, выводы

## **2. .План-конспект лекций**

### **Тема 1. Основы физиология человека. Организм человека как единое целое.**

#### **План лекции**

Введение

1. Основные понятия физиологии, ее предмет
  2. Организм человека как единое целое
  3. Физиологические процессы, функции организма
  4. Физиологические реакции организма
  5. Гомеостаз
  6. Адаптация
- Заключение

#### **Цель лекции**

Ознакомить студентов с задачами физиологии на современном этапе развития науки.

#### **Задачи лекции**

Сформировать у студентов убеждение о необходимости изучения физиологии человека для использования знаний в своей дальнейшей работе.

#### **Ключевые вопросы**

1. Физиологические процессы и функции организма
2. Физиологические реакции организма
3. Рефлекторные реакции
4. Саморегуляция функций организма
5. Гомеостаз и гомеостатическая регуляция

#### **Библиографические источники**

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
6. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
7. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
8. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

#### **Введение**

Физиология – это наука о функциях и механизмах жизнедеятельности целостного организма, его систем и органов.

Физиология как наука изучает не только видимую сторону явлений, но и их физиологические механизмы. Это позволяет понять сущность наблюдаемых явлений, которые проявляет организм на факторы внешнего воздействия.

### **1. Основные понятия физиологии, ее предмет.**

Предметом физиологии является внутренняя деятельность, или такие внутренние функции организма, как пищеварение, дыхание, кровообращение, движение конечностей и других органов, выделение мочи, пота и других веществ, продукция тепла, нервное и гуморальное взаимодействие органов, внутренняя секреция, размножение. Каждая функция специфична для определенного рабочего органа и в большинстве случаев для определенной ткани. Несмотря на это, ни одна из названных функций не осуществляется деятельностью только одного органа. При этом можно уверенно утверждать, что каждая из функций выполняется при участии почти всех остальных органов, т.е. целого организма. В качестве примера можно рассмотреть координацию движения конечностей, которая зависит не только от свойств нервно-мышечной системы и других тканей, входящих в структуру конечности, но также от деятельности центральной нервной системы, органов дыхания, кровообращения и других органов.

### **2. Организм человека как единое целое.**

Организм (от латинского organize – устраиваю, придаю стройный вид) - это целостная биологическая система отдельного живого существа. Организм обладает специфическими свойствами, которые и делают его самостоятельной единицей живой материи, которая включает в себя основные свойства - обмен веществ, раздражимость, возбудимость, реактивность, изменчивость, способность к самовоспроизведению, надежность функционирования и многие другие качества. Самые простые проявления жизнедеятельности на клеточном уровне – раздражимость, возбудимость, реактивность – являются в то же время важнейшими биологическими свойствами целостного организма.

Общим свойством живой материи является раздражимость, которая представляет способность живой системы (клетки, ткани, органы или целостный организм) реагировать на воздействие раздражителей изменением уровня физиологической активности. Физические, химические, физико-химические раздражители вызывают раздражение под действием силы, длительности раздражителя, уровня возбудимости живой ткани. Все живые ткани обладают возбудимостью, однако, эта возбудимость разная, специфичная для ответных реакций нервной, мышечной и железистой тканей. Например, нервная и мышечная ткани отвечают на действия раздражителей специфическим волновым физиологическим процессом – возбуждением.

Возбудимость – это способность клетки, ткани, целостного организма отвечать на действие раздражителя реакцией возбуждения.

### **3. Физиологические процессы, функции организма**

Основой жизнедеятельности организма являются физиологические процессы - сложная форма взаимодействия и единства биохимических и физиологических реакций. Физиологические процессы составляют основу физиологических функций. Физиологические функции представляют жизнедеятельность как целостного организма, так и отдельных его органов.

Физиологические функции условно можно подразделить на соматические (телесные) и вегетативные (растения и животные). Соматические функции – это ответные реакции организма (преимущественно двигательные) на действие раздражителей внешней и внутренней среды. Вегетативные функции – это функции, которые обеспечивают рост, размножение, обмен веществ. Нормальное функционирование органа или организма в целом тесно связано с его структурой, морфологическими особенностями. Любое нарушение в данной структуре ведет к расстройству функции.

### **4. Физиологические реакции организма.**

Одной из форм проявления жизнедеятельности является рефлекс – реакция организма на раздражение, реализуемая через центральную нервную систему. При этом энергия раз-

дражителя вызывает рефлекторный ответ через систему рецепторов - рецепторную часть (воспринимающую раздражитель), нервных проводников - проводниковый отдел, центральную нервную систему – центральный аппарат анализа раздражителя и исполнительные органы – исполнительный прибор (эффектор).

Эффектор имеет связь с центральным аппаратом регуляции через посредство обратной афферентации. Например, сокращающаяся мышца сигнализирует о своем состоянии в центральный аппарат регуляции движений. Эта сигнализация осуществляется по афферентным нервам, идущим от проприорецепторов в корковые проекции двигательного анализатора и мозжечок.

Современные представления о рефлексе представляют следующее положение, а именно сигнально-регуляционный принцип. Рефлекс рассматривается как система ответных реакций организма на внешние воздействия, обусловленная не только сигналами внешней среды, но и обратными связями (сенсорными коррекциями), приходящими в центральную нервную систему от исполнительного аппарата.

### **5. Гомеостаз.**

Границы гомеостаза могут быть жесткими и пластичными, меняться в зависимости от индивидуальных, возрастных, половых, социальных и других условий. Жесткие константы, (например, осмотическое давление крови) допускают лишь незначительные отклонения от своего уровня, пластичные константы (например, уровень кровяного давления или питательных веществ в крови) варьируют в довольно большом диапазоне и в течение длительного времени. Значительная вариабельность уровня кровяного давления, свойственная здоровому человеку в норме, имеет определенный физиологический смысл. Так, повысившееся кровяное давление в результате физической нагрузки или эмоционального сдвига улучшает кровоснабжение многих органов и тканей. Вместе с тем длительное повышение кровяного давления приводит к нарушениям кровоснабжения — кровоизлияниям, таким как инфаркты и инсульты.

На клеточном уровне закон гиперкомпенсации можно иллюстрировать изменениями мембранного потенциала возбудимой клетки: на смену спайку с характерными для него деполяризационным сдвигом мембранного потенциала и защелачиванием цитоплазмы приходит следовая гиперполяризация. Она представляет собой гиперкомпенсаторные сдвиги мембранного потенциала (более отрицательные значения, чем у потенциала покоя) и рН при мембранной цитоплазмы (ацидоз превышает фоновый).

Типы гомеостатической регуляции. Различаются по условиям запуска соответствующих механизмов. Так, в приведенных выше примерах имеет место гомеостатическая регуляция по отклонению, когда само изменение величины константы вызывает запуск гомеостатических механизмов регулирования. Этот тип регуляции характерен для тех случаев, когда воздействующий фактор является новым для организма. По мере повторения воздействия и запоминания его параметров наблюдается появление гиперкомпенсаторных изменений гомеостатических констант, опережающих их первичные сдвиги. Подобная опережающая гомеостатическая регуляция имеет энергосберегающее значение.

### **6. Адаптация.**

Адаптация является совокупностью физиологических реакций, обеспечивающих приспособление строения и функций организма или его органа к изменению окружающей среды с включением стресс—реализующей системы (прежде всего гипоталамо—гипофизарно—надпочечниковой и адреналовой). В концентрированном виде концепция неспецифических реакций организма на сильное воздействие нашла воплощение в понятии «общий адаптационный синдром» (Г. Селье).

В первую «аварийную» фазу для осуществления компенсаторных реакций развивается мобилизация защитных сил, происходит вовлечение висцеральных систем разного назначения: кровообращения, дыхания и симпато—адреналовой системы. Возникают существенные сдвиги метаболизма, носящие катаболический характер, обеспечивающие организм необходимой энергией, как бы в предвидении грядущих в скором времени новых функцио-

нальных затрат. Происходит усиление активности липаз и увеличение интенсивности свободно—радикального окисления липидов клеточных мембран ряда органов. Адаптация в эту стадию реализуется «с хода», но оказывается несовершенной. Интенсивная активность систем жизнеобеспечения протекает некоординированно, с элементами хаотичности, ответные реакции генерализованы, неэкономны и часто превышают потребный для данных условий уровень. Число измененных показателей в деятельности различных систем неоправданно велико. Тканевые процессы и, тем более, молекулярные явления в мембранах клеток в эту стадию направлены не изменяются, т. к. для их перестройки требуется более значительное время.

Переходный к устойчивой адаптации период характеризуется выраженной стабилизацией состояния висцеральных систем, формированием межсистемных связей, способствующих адаптации. В ходе этого периода приспособительные реакции организма постепенно переключаются на более глубокий тканевой уровень. Гормональный фон видоизменяется, усиливают свое действие гормоны коры надпочечников — «гормоны адаптации». По мере проявления анаболической фазы стресс—реакции в клетках органов, осуществляющих долговременную компенсацию дефектов, происходит усиленный синтез нуклеиновых кислот и белков, наблюдается их компенсаторная гипертрофия.

Фаза стойкой адаптации связана с постоянным напряжением управляющих механизмов, и хотя они более или менее скоординированы и минимизированы, их бесконечное функционирование невозможно. Несмотря на экономичность — выключение «лишних» реакций, а, следовательно, и излишней траты энергии — переключение организма на новый уровень резистентности не дается даром, а протекает при определенном напряжении, что принято называть «ценой адаптации».

Общий адаптационный синдром является следствием функционального напряжения стресс—реализующей системы. Она проявляется активацией ядер гипоталамуса, нейросекреторные клетки которого усиливают секрецию либеринов. Они, в свою очередь, стимулируют выработку аденогипофизом кортикотропина и других тропных гормонов, возрастает поступление в кровь кортикостероидов и катехоламинов из надпочечников. Эта группа гормонов стимулирует секрецию тиреоидных и паратиреоидных гормонов, глюкагона, соматотропина, тирокальцитонина, фермента ренина, угнетая выработку инсулина и половых гормонов.

Адаптация в самом общем виде может быть определена как совокупность приспособительных реакций и морфологических изменений, позволяющих организму сохранить относительное постоянство внутренней среды в изменяющихся условиях внешней среды. У человека адаптация выступает как свойство организма, которое обеспечивается автоматизированными самонастраивающимися, саморегулирующимися системами — сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной и другими. В каждой из этих систем можно выделить несколько уровней адаптации — от субклеточного до органного. Но главный смысл адаптации — это повышение жизнестойкости, устойчивости системы к факторам среды.

### **Заключение**

Специфические адаптивные механизмы, свойственные человеку, дают ему возможность переносить определенный размах отклонений факторов от оптимальных значений без нарушения нормальных функций организма. Зоны количественного выражения физической нагрузки, отклоняющегося от оптимума, но не нарушающего жизнедеятельности, определяются как зоны нормы. Их две: отклонение в сторону недостатка дозирования физической нагрузки и в сторону избытка. Дальнейший сдвиг может снизить эффективность адаптивных механизмов и даже нарушить жизнедеятельность организма. При крайнем недостатке нагрузки или ее избытке выделяют зоны пессимума. Адаптация к любому фактору связана с затратами энергии.

## **Тема 2. Анатомо-физиологическое строение нервной системы**

### **План лекции**

## Введение

1. Состав и строение центральной нервной системы
2. Головной мозг (большие полушария, мозжечок, ствол) и спинной мозг
3. Состав и строение периферической нервной системы
4. Строение нервной ткани (нейрона)

## Заключение

## Цель лекции

Ознакомить студентов со строением центральной и периферической нервных систем.

## Задачи лекции

Сформировать у студентов убеждение о необходимости применения знаний физиологии человека в своей дальнейшей работе.

## Ключевые вопросы

1. Физиологические функции мозжечка, ствола головного мозга, спинного мозга
2. Простая рефлекторная дуга
3. Функции периферической нервной системы: соматической и вегетативной
4. функции черепно-мозговых и спино-мозговых нервов
5. Интегральная роль центральной нервной системы в регуляции вегетативных функций

## Библиографические источники

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
6. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
7. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
8. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

## Введение

В результате эволюции нервной системы, в частности головного мозга, исходя из эмбриологического развития нервной системы, представляющей единое целое для удобства изучения нервной системы приходится ее подразделять на центральную и периферическую. В состав центральной нервной системы входят головной и спинной мозг, а в состав периферической нервной системы входит соматическая и вегетативная. Отличие этих двух нервных систем состоит в том, что нервные волокна соматической нервной системы не прерываются и скорость проведения импульса составляет  $30=120$  м/с, а нервные волокна вегетативной нервной системы прерываются узлами и скорость проведения импульса составляет 1-3 м/с.

## 1. Состав и строение центральной нервной системы

Все живые организмы в процессе своей жизнедеятельности получают из окружающей среды различные чувственные раздражения – тактильные, световые, звуковые, обонятельные, вкусовые. Роль аппарата, воспринимающего и анализирующего раздражения и посылающего ответную реакцию, у всех животных организмов играет нервная система. Ответная реакция организма на раздражение носит в физиологии название рефлекса.

В основе всех рефлексов, находятся внешние раздражения, которые вызывают возбуждение нервной ткани. Для каждого органа организма существует особый специфический раздражитель, однако к универсальному раздражителю можно отнести электрическое воздействие, и в меньшей степени механическое воздействие. В каждой точке нервного волокна при проведении возбуждения наблюдаются сменяющие друг друга колебания электрического потенциала с сопутствующими им физико-химическими изменениями. Разность потенциалов между возбужденным и еще находящимся в покое прилежащим участком нервного волокна хорошо может быть уловлена осциллографом и обозначается как ток действия, или биоток. По утверждению физиолога И.П. Павлова процессы возбуждения и торможения представляют собой "как бы две половины одной нервной деятельности". Эти процессы управляются двумя основными законами: законом распространения и концентрирования каждого из этих процессов и законом их взаимной индукции (положительной и отрицательной). Нервная клетка, находясь в состоянии раздражения, постоянно стремится перейти в состояние торможения.

Все раздражения из окружающего нас мира поступают по периферическим нервам в спинной мозг и ствол мозга, вызывая тем самым ответную реакцию. Принцип построения рефлекса по И.П. Павлову характеризуется следующим образом: "...в тот или другой рецепторный нервный прибор ударяет тот или другой агент внешнего мира или внутреннего мира организма. Этот удар трансформируется в нервный процесс, в явление нервного возбуждения. Возбуждение по нервным волокнам, как по проводам, бежит в центральную нервную систему и оттуда, благодаря установленным связям, по другим проводам приносится к рабочему органу, трансформируясь в свою очередь в специфический процесс клеток этого органа. Таким образом, тот или другой агент закономерно связывается с той или другой деятельностью организма, как причина со следствием."\* Из этого следует, что рефлекс – это реакция организма на раздражение из внешней или внутренней среды, осуществляемая при участии центральной нервной системы.

По данным физиолога Ухтомского А.А., один из рефлексов временно господствует, т.е. доминирует в данный момент и направляет другие рефлексы и работу рефлекторного аппарата на благо организма, то это будет доминанта. При этом раздражения из самых различных источников уже не вызывает обычных для него – рефлекса реакций, а лишь усиливают деятельность главенствующего, доминирующего в данный момент центра в головном мозгу.

Доминанты могут быть разнообразными: пищевая доминанта служит властным стимулом в борьбе за существование; половая доминанта определяет и направляет поведение организма на продолжение рода.

На принципе доминанты основаны процессы, протекающие у человека в высших этапах центральной нервной системы и в коре больших полушарий головного мозга. Доминанты лежат в основе всей психической жизни человека, они определяются социальными условиями и этическими мотивами. Доминанты могут служить источником болезненных состояний при развитии патологии; доминанты могут толкать человека на героические поступки, на подвиг.

Доминанты являются физиологической основой внимания и предметного мышления. Ухтомский различает три фазы предметного мышления: 1) первая фаза доминанты – это стадия укрепления имевшейся ранее доминанты (например, переживание Наташи Р. на первом балу); 2) вторая фаза доминанты – это адекватный раздражитель (например, Наташа Р. счастлива только при упоминании имени Андрея Б.); 3) третья фаза доминанты – это установление прочной связи между раздражителями (только одно имя Андрей у Наташи Р. вызывает

ет в ее воображении его образ). Доминанта по Ухтомскому объясняет механизм временных связей при развитии условного рефлекса по И.П. Павлову.

## **2. Головной мозг (большие полушария, мозжечок, ствол) и спинной мозг**

Головной мозг условно подразделен на два большие полушария овальной формы, которые состоят из коры с подлежащим белым веществом и серых подкорковых узлов, мозжечка и стволовой части мозга. Два полушария соединяются между собой тремя спайками: мозолистым телом, передней белой спайкой и спайкой обонятельного мозга. Головной мозг помещается в черепной коробке. Он покрыт гладким блестящим покровом, который называется твердой мозговой оболочкой (*dura mater*). Под твердой мозговой оболочкой находится мягкая сосудистая оболочка (*pia mater*), а под ней паутинная оболочка (*arachnoidea*). Вес головного мозга взрослого человека в среднем равен 1360 г.

По названиям костей черепа, к которым прилежат различные части полушарий, головной мозг условно делят на доли: лобные, теменные, затылочные и височные, которые разделяются бороздами. При этом образуются извилины головного мозга. Затылочные доли нависают над шаровидным образованием, также разделенным на два полушария, - это малый мозг, или мозжечок. Мозжечок соединен с головным мозгом пучками нервных волокон, получивших название ножек мозжечка. Их три пары, которые соединяются с ножками мозга и образуют ствол мозга. От основания мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов, большинство которых отходит от ствола мозга.

Поверхностный желтовато-серого цвета слой полушария головного мозга толщиной в несколько миллиметров (1,5 - 5 мм) называется корой головного мозга, которая образована серым веществом – телами нервных клеток. Площадь коры головного мозга составляет 2-2,5 тысяч квадратных сантиметров, примерно содержит более 14 миллиардов тел нейронов.

Подкорковые ядра. Под серым слоем коры лежит белое вещество, которое дальше к низу располагается между крупными серыми образованиями - подкорковыми, или серыми, ядрами головного мозга.

Мозжечок (*cerebellum*) имеет массу около 150 г. В мозжечке различают среднюю часть (мост) и боковые отделы – два полушария. Поверхность мозжечка состоит из серого коркового вещества (кора), площадь ее составляет 1200 см<sup>2</sup>. Из коры образуются и ядра, расположенные внутри мозжечка. Кора мозжечка образована молекулярными, ганглиозными и зернистыми слоями нервных клеток.

Ствол мозга. Ствол мозга образован: 1. Промежуточным мозгом; 2. Средним мозгом; 3. Мостом; 4. Продолговатым мозгом. В стволе мозга различают основание и покрывку. В основании расположены главные нисходящие проводники, а в центральной части покрывки – преимущественно ядра черепно-мозговых нервов и сетчатая субстанция, или ретикулярная формация. Ствол головного мозга состоит из белого вещества, в толще которого находятся ядра серого вещества. Ствол головного мозга переходит в спинной мозг, образуя единую систему.

Промежуточный мозг (*diencephalon*) имеет в своем составе таламический мозг и гипоталамус. 1). Таламический мозг (таламус) состоит из ядер, в которых переключаются пути кожной и мышечно-суставной, обонятельной и зрительной чувствительности, а также имеются ядра, относящиеся к ретикулярной формации, которая участвует в регуляции вегетативных функций. Внутренняя структура таламуса включает многочисленные ядра (около 60) и ассоциативные волокна. В ядрах таламуса заканчиваются пути общей чувствительности, обонятельные пути и зрительные пути. Таким образом таламус является коллектором эфферентных путей. 2). Гипоталамус сравнительно небольшое, но исключительно важное образование головного мозга. В гипоталамусе имеются ядра, содержащие клетки, отвечающие за регуляцию температуры тела, различных видов обмена: водного, жирового, углеводного, белкового и т.д. В этих ядрах также имеются клетки, отвечающие за деятельность таких жизненно-важных систем организма, каковыми являются сердечно-сосудистая, пищеварительная, вегетативная, эндокринная. В этих ядрах имеются нейросекреторные клетки, продуцирующие многие гормоны.

Средний мозг содержит ядра, в которых осуществляется переключение слуховых нейронов и зрительных импульсов с одного нейрона на другой нейрон. В среднем мозгу находится ядро глазодвигательного нерва, который иннервирует наружные мышцы глазного яблока.

Мост (pons) содержит ядра ретикулярной формации, участвующей в регуляции вегетативных функций.

Продолговатый мозг является продолжением спинного мозга и его ретикулярная формация связана с ретикулярной формацией мозжечка.

Спинной мозг (medulla spinalis) составляет комплекс ядер серого вещества и нервных белых волокон, образующих 31-32 пары сегментов. Спинной мозг имеет вид толстого шнура, неравномерного в разных отделах, длина спинного мозга колеблется от 42-45 см и имеет диаметр около 1 см. По своему длиннику спинной мозг образует два утолщения – одно в шейной, другое в поясничной части. В этих частях спинного мозга отходит большое количество мощных корешков, образующих периферические нервы верхних и нижних конечностей. Спинной мозг также как и головной имеет три оболочки. Спинной мозг проходит в позвоночном канале, где внутри него находится спинномозговой канал, заполненный цереброспинальной жидкостью.

По количеству отходящих от спинного мозга пар нервных корешков он может быть разделен на 32 части, или 32 сегмента: 8 шейных (корешки первого шейного сегмента выходят между 1 шейным позвонком и черепом), 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 1-2 копчиковых. Вследствие развития позвоночника становится длиннее спинного мозга. Поэтому у взрослого человека нижний конец спинного мозга оказывается на уровне верхнего края II поясничного позвонка. Но так как корешки спинного мозга выходят по-прежнему через соответствующие межпозвоночные промежутки, то путь, проходимый ими от места отхода до места выхода из позвоночного канала, удлиняется, особенно в нижнем, пояснично-крестцовом отделе; здесь они образуют так называемый конский хвост (cauda equina). Серое вещество расположено внутри, а белое – снаружи. На поперечном разрезе спинного мозга в центре его видно серое вещество, имеющее форму буквы Н или летящей бабочки. Парные передние выступы этого образования, не доходящие до края разреза мозга, называются передними рогами спинного мозга, а более узкие задние выступы, почти доходящие до края разреза, – задними рогами. В центре серого вещества находится центральный канал спинного мозга. Спинной мозг разделен на правую и левую половины, соединенные между собой белой и серой спайками. Серое вещество спинного мозга окружено белым веществом, в котором различают передние, боковые и задние столбы, которые состоят из нервных волокон – проводников. Чем ниже по длиннику спинного мозга, тем белого вещества (проводников) все меньше и меньше. Серого вещества больше всего в шейном и поясничном утолщениях, где расположены нервные клетки, иннервирующие конечности. По соотношению серого и белого вещества на срезах спинного мозга можно определить, из какого отдела спинного они взяты: из шейного, грудного, поясничного или крестцового. Спинной мозг снабжается кровью за счет передней и задней спинномозговых артерий, от которых отходят веточки, погружающиеся в вещество мозга.

Корешки спинного мозга. От передних рогов спинного мозга отходят передние двигательные корешки, а в задние вступают задние чувствительные корешки. В составе переднего корешка выходят из спинного мозга симпатические волокна, начинающиеся от клеток боковых рогов. По периферическому нерву идет нервное возбуждение в двух направлениях: одно – от кожи, костей мышц, через межпозвоночный узел и задний корешок в спинной мозг, другое – из переднего рога к мышцам и железам.

Несколько корешков спинного мозга переплетаясь друг с другом, образуют нервные сплетения, от которых отходят периферические нервы для мышц и кожи. Различают следующие нервные сплетения: шейное, состоящее из четырех верхних шейных корешков (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>), плечевое (C<sub>5</sub> – D<sub>1</sub>), где образуются и отходят периферические нервы для верхней конечности (срединный, лучевой, локтевой и ряд других), поясничное (L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>) и крестцовое (L<sub>5</sub>-

S<sub>4</sub>), из которых образуются периферические нервы для нижней конечности (бедренный, седалищный и др.), и копчиковое сплетение (S<sub>5</sub>-C<sub>0</sub>).

### **3. Состав и строение периферической нервной системы**

Черепно-мозговые нервы (12 пар) отходят от отделов головного мозга в виде нервных волокон. ЧМН подразделяются на центростремительные, центробежные. Они иннервируют органы чувств, внутренние органы, скелетные мышцы.

Спино-мозговые нервы (31 пара) отходят от ганглиозных образований спинного мозга симметричными парами по обе его стороны. Через задние корешки спинного мозга входят отростки центростремительных нейронов. Через передние корешки выходят отростки центробежных нейронов. Отходящие отростки соединяются образуя нерв.

Вегетативная нервная система, через которую в основном осуществляется связь головного и спинного мозга с внутренней средой организма. Однако такое подразделение нервной системы на два отдела весьма условно, относительно. Дело в том, что функции соматической и вегетативной нервной системы тесно переплетаются.

В вегетативной нервной системе различают симпатическую и парасимпатическую части. Одной из особенностей симпатической и парасимпатической нервной системы является узловый характер строения. Это, по всей вероятности, можно объяснить тем, что импульс, стремительно бегущий по белым волокнам (125 м в секунду), должен подвергнуться переработке при переходе на серые, безмякотные вегетативные волокна, где импульс уже идет со скоростью только 3 м в секунду. Данные виды нервной системы в какой-то степени антагонистичны, но взаимодействуют сообща.

Симпатические нервы. Сегментарная часть симпатической нервной системы начинается от ганглиозных клеток, расположенных в боковых рогах двух нижних шейных, всех грудных и четырех поясничных сегментов спинного мозга. Симпатические нервы отходят симметричными парами по обе стороны спинного мозга в грудном и поясничном отделах. Предузловое волокно короткое, так как узлы лежат вдоль спинного мозга. После узлового волокно длинное, так как идет от узла к иннервируемому органу.

Парасимпатические нервы отходят от ствола головного мозга и крестцового отдела спинного мозга. Парасимпатические нервные узлы лежат находятся в стенках или около иннервируемых органов. Предузловое волокно длинное, так как проходит от мозга до органа, послеузловое волокно короткое, так как находится в иннервируемом органе.

### **3. Строение нервной ткани (нейрона)**

Нейрон состоит из древовидных отростков (дендритов), аксона (осевой цилиндр) и конечного разветвления отростка. Нервные или ганглиозные клетки имеют своеобразную форму с множеством отростков (от круглых до треугольных). Ганглиозные клетки со всеми отростками называются нейронами. Место соединения нескольких нейронов называется синапсом.

Синаптических связей на теле каждой клетки имеется огромное количество. Синапсы образуются не только на телах нейронов и дендритах, но и на капиллярах, окружающих клетку, участвуя в регуляции питания (трофики) нейронов.

Нервный импульс, раздражение передается от тела клетки по аксону к дендриту следующей клетки. Это так называемый закон динамической полярности нейрона. Аксон (осевой цилиндр) клетки тянется иногда на очень далекое расстояние. Например, аксоны пирамидных клеток коры, входящие в состав двигательного пирамидного пути, тянутся на десятки (50-70) сантиметров. Все аксоны тела клетки покрываются жироподобной (миелиновой) оболочкой белого цвета. Данная оболочка препятствует рассеиванию импульса, идущего по волокну, на прилегающие осевые цилиндры (аксоны), обеспечивая без ослабления передачу нервного импульса на расстояние до 1,2 м.

Нервная клетка и ее отростки составляют одно целое. Аксон, отделенный от клетки, погибает, но сама клетка продолжает существовать. Клетка вместе с наружной оболочкой нерва принимает участие в восстановлении погибшего волокна. В случае гибели самой ганглиозной (нервной) клетки, то погибают и ее отростки. На месте погибших ганглиозных кле-

ток новых клеток не образуется. Нервные клетки классифицируются по числу отростков, их длине и скорости проведения импульсов. Униполярная клетка имеет только аксон и лишена дендритов; биполярная клетка имеет аксон и дендрит; мультиполярная клетка в своем составе содержит один аксон и много дендритов.

По длине аксона выделяют длинноаксонные клетки и короткоаксонные клетки, длиной всего 1-2 мм. В зависимости от скорости проведения импульсов по аксонам различают нейроны А, В и С. Волокна нейронов группы А и В миелинизированные и проводят импульс с большей скоростью, чем волокна группы С, имеющие меньший диаметр. Нервные волокна имеют разнообразные нервные окончания: афферентные – чувствительные, эфферентные – двигательные и секреторные.

Чувствительные нервные окончания – рецепторы – начинаются в теле человека и во внутренних органах, где они воспринимают механические, термические, химические и другие виды раздражений. Вызванное возбуждение передается в центральную нервную систему, при этом возбуждение трансформируется в ощущения.

Двигательные нервные окончания принадлежат волокнам клеток передних столбов спинного мозга; на окончании этих волокон располагаются аксо-мышечные синапсы.

Нервные чувствительные (афферентные) волокна осуществляют передачу раздражений от рецепторов тела, внутренних органов и органов чувств в центральную нервную систему, где осуществляется синтез и их анализ. В ответ на поступающие раздражения в центральной нервной системе формируется поток ответных импульсов, распространяющихся по двигательным (эфферентным), секреторным волокнам и в итоге вызывающих сокращение мышц или выделение секрета.

Нервные клетки (neuron) разделяются на: 1) чувствительные – афферентные, располагающиеся в спинномозговых узлах, ядрах черепных нервов, в спинном и головном мозге; 2) двигательные – эфферентные, находящиеся в коре, подкорковой области, стволе головного мозга, передних рогах спинного мозга; 3) ассоциативные – объединяющие, передающие импульсы с афферентных на эфферентные нейронные цепи; 4) нейросекреторные (например, расположенные в гипоталамической области), обладающей свойствами вырабатывать и выделять в кровь гормоны, названные нейросекретами.

### **Заключение**

Центры симпатической и парасимпатической иннервации находятся на всех уровнях нервной системы. Между ними наблюдается сложная система взаимосвязи. Это интегральная роль центральной нервной системы в регуляции вегетативных функций.

В крестцовом отделе спинного мозга расположены парасимпатические центры мочеиспускания, дефекации, эрекции, эякуляции. Разрушение этих центров приводит к половому бессилию, расстройству мочеиспускания и дефекации.

В верхних поясничных и во всех грудных сегментах спинного мозга расположены ядра симпатических нервов сосудов и потовых желез. В пяти верхних грудных сегментах располагаются симпатические нейроны, иннервирующие сердце и бронхи. Глазодвигательные симпатические нейроны расположены на уровне 7-го шейного и двух верхних грудных позвонков.

В продолговатом и среднем мозге, ретикулярной формации заложены важнейшие центры вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, дыхания, пищеварения, эндокринной регуляции.

Специфические ядра-центры парасимпатической и симпатической систем расположены в гипоталамических ядрах осуществляют регуляцию практически всех физиологических функций организма. Основная функция гипоталамуса связана с регуляцией постоянства внутренней среды организма. С гипоталамусом связана также нормальная функция сердечно-сосудистой и дыхательной систем, эндокринного и пищеварительного аппарата. Под регулирующим влиянием гипоталамуса находятся и целостные поведенческие реакции.

Ведущая роль в регуляции вегетативных функций принадлежит таламусу, ядра которого влияют на артериальное давление, тонус сосудов капиллярного русла, на процессы терморегуляции, моторную функцию кишечника, сфинктер мочевого пузыря.

Вегетативные функции находятся под постоянным контролем полушарий головного мозга и его высшего отдела – коры полушарий большого мозга. Аfferентные импульсы с висцерорецепторов поступают в первую и вторую соматосенсорные зоны коры полушарий большого мозга. По нисходящим кортикальным путям от соматосенсорных зон, а также от извилин височной доли эfferентные влияния поступают к подкорковым центрам вегетативной регуляции и через них – к внутренним органам.

### **Тема 3. Физиологическая характеристика органов чувств**

#### **План лекции**

Введение

1. Понятие о сенсорном аппарате организма человека
2. Кожная сенсорная система
3. Зрительная сенсорная система
4. Слуховой и вестибулярный анализаторы

Заключение

#### **Цель лекции**

Ознакомить студентов со строением сенсорных систем организма человека, отвечающих за его безопасность.

#### **Задачи лекции**

Сформировать у студентов убеждение о необходимости применения методов оценки сенсорных систем человека в обеспечении безопасных условий работы.

#### **Ключевые вопросы**

1. Экстерорецепторы
2. Интерорецепторы
3. проприорецепторы
4. Сетчатая оболочка, или сетчатка
5. Острота зрения
6. Вестибуляторная сенсорная система

#### **Библиографические источники**

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
6. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
7. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
8. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С.

Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

### **Введение**

Сенсорная система – это система анализа раздражителей определенной физической или химической природы, завершающаяся их кодированием в нервных структурах. Главным принципом кодирования сенсорной информации является зависимость характера ощущений от того, в какой области ЦНС оканчиваются нервы, возбуждающиеся при действии раздражителя. В высших корковых проекциях сенсорных систем происходит своеобразная расшифровка кода сенсорных сигналов, их интеграция, формирование ощущения.

### **1. Понятие о сенсорном аппарате организма человека**

Органы чувств (*Organo sensuum*) представляют собой периферические концы рецепторов, которые функционально и структурно связаны с центральной нервной системой. Органы чувств, с одной стороны, предохраняют от внешних неадекватных раздражений рецепторные клетки, а с другой - при помощи дополнительных структур (жидкость, полости) обеспечивают определенные оптимальные условия для нормального функционирования этих анализаторов.

И.П. Павлов убедительно доказал, что благодаря органам чувств устанавливается взаимосвязь организма с внешней средой. Получаемые извне раздражения передаются в центральную нервную систему, где происходит синтез и анализ этих раздражений. За счет импульсов, воспринимаемых органами чувств, у каждого человека создаются определенные ощущения и образы, осуществляется эмоциональная настроенность центральной нервной системы. Все многообразие внешних и внутренних раздражений воспринимается экстерорецепторами, интерорецепторами и проприорецепторами.

К экстерорецепторам относятся образования, воспринимающие общие раздражения (термические, болевые, вибрация, давление, тактильное чувство). Они расположены в коже и слизистых оболочках. Специальные рецепторы (химические, звуковые, световые) находятся в органах чувств. Специальные анализаторы для восприятия электромагнитных колебаний, рентгеновских, космических и радиоактивных излучений у человека отсутствуют, однако клетки организма при этих запредельных раздражениях повреждаются.

Интерорецепторы воспринимают раздражения от внутренних органов и сосудов (хеморецепторы). Эти импульсы в норме не субъективно не воспринимаются, но центральная нервная система получает через них постоянную информацию о состоянии внутренних органов.

Проприорецептивные раздражения, поступающие из суставов и внутреннего уха, информируют центральную нервную систему о положении частей тела в пространстве.

Общее строение всех органов чувств принципиально одинаковое. Периферическая часть анализатора служит для восприятия раздражений, промежуточная - для передачи импульсов; в центральной (корковой) части осуществляются анализ и синтез поступившей информации.

### **2. Кожная сенсорная система**

Кожа (*cutis*) – орган, покрывающий тело человека, повторяющий рельеф мышц и костей. Кожа представляет собой большое рецепторное поле (около 1,6 кв.м), где имеются нервные окончания, воспринимающие общие раздражения (термические, болевые, осязание, давление, вибрация). Через кровеносные капилляры кожи осуществляются регуляция температуры тела и кожное дыхание. Кожа, образуя общий покров тела, защищает организм от проникновения микробов. Барьерная функция кожи действует также в отношении различных жидкостей и газов. В коже имеются потовые, сальные железы и волосы. Кроме того, производными кожи являются ногти и молочные железы.

Физиологические механизмы кожной рецепции можно представить в виде теории специфичности рецепторов и теории паттернов – образов кожной чувствительности.

Предполагается, что рецепторы тепла и холода одни и те же, но расположены они на разной глубине (холодовые – на глубине 0,10 – 0,15 мм, а тепловые – на глубине 0,3 мм). Не существует строго доказанной связи между структурой кожных рецепторов и их функцией.

Усиление тактильного раздражителя приводит к болевому ощущению. Возможно, что рецепторный аппарат осязания и боли – один и тот же.

Эти теоретические предпосылки дают возможность объяснить болевые ощущения как особую форму защиты рецепторного аппарата и организма в целом от действия сверх сильных раздражений. Сильный тепловой или тактильный раздражитель вызывает боль, предохраняя рецептор от повреждения, так как вслед за болью следует защитная реакция. Боль является сигналом неблагополучия в организме. По Вольтеру: боль наш верный страж, она всегда твердит нам громко: будьте осторожны, храните, берегите вашу жизнь.

Специфических рецепторов боли нет. Но, например, любое раздражение роговицы формирует ощущение боли, а мозговая и костная ткани безболезненны. Сердце и другие внутренние органы лишены тактильной чувствительности.

Болевые ощущения возникают в результате образования в нервных окончаниях веществ типа гистамина. В поврежденных тканях образуется также брадикинин, усиливающий болевые ощущения. Накопление гистамина, брадикинина, серотонина, кининов в крови вызывает усиление боли при раздражении кожных рецепторов.

Потовые железы (gll. Suboriferae) простые, трубчатые, извитые, встречаются во всех участках тела, кроме слизистой оболочки каймы губ и половой щели. В коже наружного слухового прохода имеется разновидность потовых желез – серные железы, выделяющие смазку.

Сальные железы (gll. sebaceae) располагаются вокруг корней волос. Протоки сальных желез открываются около влажных волосяных луковиц. На голове у каждой волосяной луковицы имеются 2-3 сальные железы. Секрет сальных желез смазывает кожу, волосы придавая им блеск, эластичность и предохраняя их от микробов. В старости, когда наступает атрофия соединительной ткани кожи, сальных и потовых желез, кожа теряет блеск, шелушится и трескается.

В коже выделяют наружный слой – надкожица – эпидермис (epidermis), представленный многослойным плоским ороговевающим эпителием, из него образованы волосы, ногти, а внутренний слой состоит из живых делящихся клеток, содержащих меланин. Функция эпидермиса – это защита, не пропускать микробы, вредные вещества, жидкость, твердые частицы, газы. Пигмент меланин придает коже окраску и поглощает ультрафиолетовые лучи, защищая при этом организм от их чрезмерного воздействия. Внутренний слой эпидермиса вырабатывает витамин D.

Внутренний слой кожи – собственно кожа (derma) состоит из коллагеновых, эластических и ретикулярных волокон. Собственно кожа содержит сосочковый и сетевидный слои. В ней находятся волосяные луковицы, сальные и потовые железы, а также гладкие мышцы, пигментные и другие клетки, там же находятся кровеносные капилляры и лимфатические сосуды, рецепторы, воспринимающие тепло, холод, прикосновение, давление. Существенной особенностью является цвет кожи, зависящий от числа пигментных клеток, что служит одним из признаков человеческих рас. У людей всех национальностей пигментация выражена больше в коже сосков молочных желез, наружных половых органов и промежности. Кожа губ, щек, ушей, надколенников и ягодиц красноватого цвета. Кожа в виде футляра охватывает все части тела человека, она эластична и прочна. За счет эластичности при разрезе соединительно-тканного слоя кожи края раны расходятся. Эластические волокна расположены в определенном положении и направлении. (см. Таблица - рисунок).

Через собственно кожу происходит выделение влаги с солями, мочевиной в виде пота. К функциям собственно кожи можно отнести: кожное дыхание, орган осязания, кожное чувство (особенно на кончиках пальцев).

### **3. Зрительная сенсорная система**

Зрительная сенсорная система представлена вспомогательной частью глаза, оболочкой глаза, оптической и световоспринимающей системами. К вспомогательной системе органа зрения относятся брови, веки, слезный аппарат. Брови – это волосы, расту-

щие от внутреннего к внешнему углу глаза. Основная функция бровей – это отведение пота со лба.

**Слезный аппарат.** К слезному аппарату относятся слезная железа, слезный каналец, слезный мешок и носослезный проток. Слезная железа выделяет прозрачную жидкость, содержащую воду, фермент лизоцим и незначительное количество белковых веществ, которые через слезный каналец, слезный мешок и носослезный проток поступают в носовую полость. Слезы смачивают, очищают, дезинфицируют глаз.

В глазном яблоке выделяют фиброзную оболочку, сосудистую оболочку и сетчатую оболочку. Фиброзная оболочка (белочная) представляет собой соединительно тканый слой глазного яблока. Она служит опорой и защитой для других оболочек и частей глаза от механического и химического воздействия, являетсяместилищем всех частей глазного яблока.

Сетчатая оболочка, или сетчатка, самая внутренняя оболочка глаза, состоящая из фоторецепторов – палочек и колбочек. В сетчатке человека находится около 125 млн. палочек и около 6,5 млн. колбочек. Палочки воспринимают форму (зрение при слабом освещении), колбочки воспринимают цвет (цветовое зрение). В желтом пятне имеются только колбочки, а палочки располагаются по периферии сетчатки. Под действием света с длиной волны 505 нм родопсин палочек и колбочек распадается на ретинен и белок (скотопсин). В результате распада образуется энергия, которая улавливается биполярными клетками сетчатки. Родопсин постоянно ресинтезируется из скотопсина и витамина А.

Зрительный нерв – это нервные клетки коры, от которых начинаются волокна зрительного нерва, они соединены с отростками фоторецепторных нейронов. Зрительный нерв воспринимает возбуждение и передает в зрительную зону коры головного мозга, где происходит анализ возбуждения и формирование зрительных образов.

Оптическая система глаза состоит из роговицы, водянистой влаги, радужной оболочки (радужка), зрачка, хрусталика, стекловидного тела. Роговица – прозрачная передняя часть белочной оболочки – преломляет лучи света.

Глаз воспринимает световые волны, которые представляют электромагнитные колебания, длиной от 400 до 800 нм. В состав аппарата зрительной рецепции входят оптическая система глаза и рецепторная система сетчатки. В оптическую систему глаза относят роговицу, переднюю камеру глаза, хрусталик, заднюю камеру глаза и стекловидное тело. Ясное видение сохраняется при условии полной прозрачности всех лучепреломляющих сред глаза. Преломляющая сила глаза составляет 60-70 диоптрий (диоптрия – это преломляющая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м).

В нормальном глазу изображение предметов оказывается уменьшенным и перевернутым вследствие особого устройства оптической системы глаза. Нормальное, а не перевернутое видение предметов происходит благодаря их повторному переворачиванию в корковом отделе зрительного анализатора. Но это второе переворачивание является результатом абстракции, способности человека сопоставлять видимое с действительностью окружающего нас мира. Видимые предметы имеют четкие контуры, так как зрачок пропускает в глаз только центральный пучок лучей. Количество света, пропускаемого зрачком, регулируется круговой и радиальной мышцами радужной оболочки. Эти мышцы иннервируются симпатическими и парасимпатическими нервами. Симпатические нервы под влиянием эмоций боли, страха, гнева вызывают расширение зрачков. При увеличении светового потока, действующего на глаз, отмечается сужение зрачка за счет парасимпатических нервов.

Оптические системы глаза фокусируют изображение в одной точке сетчатки. Но в случае нарушения кривизны роговицы наблюдается астигматизм. При астигматизме отмечается неточность в определении расстояний между параллельными линиями или концентрическими кругами.

Острота зрения характеризуется способностью различать наименьшее расстояние между двумя точками, что зависит от точности фокусировки изображения на сетчатке. Острота зрения зависит от угла зрения (это угол, образованный между лучами, идущими от двух точек предмета к глазу). Нормальный глаз различает предмет под углом в одну минуту.

Наибольшей остроты глаз достигает при ширине зрачка около 3 мм. Острота зрения зависит и от величины рефракции, а также от степени совпадения изображения с центральной ямкой, которая обеспечивает наиболее высокую остроту зрения (центральное зрение).

Бинокулярное зрение позволяет видеть предметы рельефными, а также определять расстояние до видимого предмета. Разно удаленные предметы вызывают неидентичные (диспаратные) изображения на сетчатке левого и правого глаза, что является основой для дальнейшего анализа и восприятия пространственных характеристик видимых предметов.

Теория цветового зрения была разработана в начале XX в. Юнгом и Гельмгольцем. Согласно этой теории в колбочках содержатся вещества, чувствительные к трем основным цветам светового спектра – красному, зеленому и фиолетовому. Белый цвет оказывает воздействие на все цветовоспринимающие элементы, совместное возбуждение которых и дает ощущение белого цвета.

Дальтонизм – это нарушение цветового зрения : протанопия (красная слепота), дейтеранопия (зеленая слепота), тританопия (фиолетовая слепота).

#### **4. Слуховой и вестибулярный анализаторы**

Орган слуха и равновесия состоит из наружного, среднего и внутреннего уха. Наружное и среднее ухо представляют звукоулавливающий и звукопроводящий аппарат. В состав внутреннего уха входят слуховой аппарат и орган равновесия. Улитковый нерв имеет рецепторы в кортиевоушном органе, воспринимающие звуковые волны с частотой колебания от 20 до 20000 Гц. Рецепторы преддверного нерва, располагающиеся в ампулах полукружных каналов, воспринимают изменения ориентации головы и информируют организм о действии силы тяжести и ускорения, а также содействуют зрению, обеспечивая точную фиксацию глазного яблока при смещениях головы.

Пути прохождения звуковых волн. Звуковые волны, встречая сопротивление упругой барабанной перепонки, вместе с ней колеблют рукоятку молоточка, которая смещает все слуховые косточки. Основание стремечка давит на перилимфу преддверия внутреннего уха и приводит к смещению и давлению на волоски чувствительных клеток, которые находятся в контакте с первым чувствительным нейроном слухового анализатора. Слуховой анализатор осуществляет восприятие звуков, их анализ и синтез.

Ухо человека воспринимает звуковые колебания с частотой от 16 до 24000 Гц. Наибольшей возбудимостью оно обладает в диапазоне 1000 – 4000 Гц. Частоты выше 20000 Гц и ниже 16 Гц относятся к ультра- и инфразвуковым. Почему же человек не слышит звуки с частотой более 20000 Гц? Ведь собака, например, различает звуки с частотой 35000 Гц, а кошка - даже 70000 Гц. Причина этого – в морфологических особенностях органа слуха, а также в возможностях генерации нервных импульсов воспринимающими клетками слухового анализатора. Максимальная частота генерации нервных импульсов на звук у человека не превышает 800 имп/с. Восприятие звуков более высоких часто осуществляется на разных уровнях нервной системы (эффект обострения слуха), за счет высокой избирательности слухового нерва и центральных отделов слуховой системы. Анализ звуковых колебаний заканчивается в височных областях коры. Высшим корковым отделам слухового анализатора принадлежит решающая роль в анализе частоты и направления звука, а также фонемный анализ речевых сигналов. Направление звука определяется благодаря бинауральному слуху.

Вестибуляторная сенсорная система осуществляет функцию восприятия угловых и прямолинейных ускорений, преобразуя механическую энергию в нервные сигналы, координирующие изменения положения головы и тела. В эту систему входят преддверие и три полукружных канала. На костных гребешках расширенных частей полукружных каналов имеются рецепторные волосковые клетки, которые погружены в желеобразную массу – купулу. При вращении тела происходит перемещение волосковых клеток, что и формирует чувствительный нервный импульс. Возбуждение от чувствительных клеток вестибулярного аппарата передается к ядрам вестибулярного нерва.

Раздражение вестибулярных рецепторов вызывает ряд вегетативных и соматических реакций. Наблюдается учащение сердечных сокращений, числа дыхания, усиливается пери-

стальтика кишечника. Возбуждение ядер вестибулярного нерва распространяется на центры рвоты, потоотделения, на ядра глазодвигательных нервов. Это проявляется вегетативными расстройствами: тошнотой, рвотой, усиленным потоотделением. Примером является морская качка.

#### **Заключение**

### **Тема 4 - 5. Функции внутренней и гормональной системы организма**

#### **План лекции**

##### **Введение**

1. Понятие о системе крови
2. Адаптивные изменения в системе крови при физических нагрузках
3. Эндокринная система
4. Система гипоталамус – гипофиз – надпочечники
5. Внутрисекреторная функция поджелудочной железы
6. Внутрисекреторная функция половых желез и эпифиза
7. Регуляторная функция эндокринной системы организма

##### **Заключение**

#### **Цель лекции**

Ознакомить студентов с физиологическими функциями крови и эндокринных желез человека

#### **Задачи лекции**

Сформировать у студентов убеждение о необходимости контролировать работу системы крови и эндокринных желез

#### **Ключевые вопросы**

1. Плазма и ее состав
2. Физиология форменных элементов крови
3. Свертывание и переливание крови
4. Физиологическая роль гормонов щитовидной и паращитовидных желез
5. Роль эндокринной системы в адаптации к физическим нагрузкам

#### **Библиографические источники**

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
6. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
7. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
8. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

## **Введение**

В систему крови входят кровь, органы кроветворения и кроверазрушения, а также нейрогуморальный аппарат регуляции. Система крови обеспечивает перенос питательных и физиологически активных веществ, газов и макромолекул белка к органам и тканям организма (транспортная функция), выполняет защитную и терморегулирующую функции. Кровь – важнейший регулятор постоянства внутренней среды организма: через органы выделения она освобождает организм от избытка органических и минеральных веществ, продуктов промежуточного обмена.

### **1. Понятие о системе крови**

Кровь выполняет буферную функцию в организме, т.е. смягчает агрессивное действие избытка кислых или щелочных продуктов. Эта способность крови зависит от особого физико-химического состава буферных систем, нейтрализующих кислые или щелочные продукты, накапливающиеся в организме. Обычный буферный раствор – это смесь слабой кислоты с ее солью, образованной сильными основаниями. В крови такую буферную систему представляет смесь угольной кислоты с бикарбонатами щелочных металлов – калия и натрия. Кровь имеет слабощелочную реакцию (рН крови колеблется от 7,3 до 7,4). В поддержании буферных свойств крови ведущая роль принадлежит буферной активности гемоглобина и эритроцитов, белков крови и фосфатному буферу. Гемоглобиновый буфер состоит из восстановленного гемоглобина (ННб) и его калиевой соли (КНбО<sub>2</sub>). В капиллярах тканей оксигемоглобин отдает кислород, превращаясь в слабодиссоциирующую кислоту, связывающую избыток СО<sub>2</sub>, поступающего в эритроцит. Гемоглобин в тканях способствует нейтрализации кислых продуктов промежуточного обмена. В капиллярах легких кровь обогащается кислородом. Гемоглобин превращается в оксигемоглобин – кислоту более сильную, чем угольная. Оксигемоглобин вытесняет ионы К<sup>+</sup> из бикарбонатов, образуя КнбО<sub>2</sub>. Образующаяся при этом угольная кислота, распадается на углекислый газ и воду. Углекислый газ переходит в полость легочных альвеол и удаляется с выдыхаемым воздухом.

При напряженной мышечной работе буферные системы оказываются не в состоянии нейтрализовать накапливающиеся в крови продукты неполного обмена (в частности, молочную кислоту). Реакция крови сдвигается в кислую сторону. Это явление называется метаболическим ацидозом. Последствия ацидоза ликвидируются в восстановительном периоде.

Регуляция системы крови – включает в себя кроветворение, поддержание постоянства объема циркулирующей крови, постоянство ее морфологического состава, постоянство физико-химических свойств плазмы. Изменение массы циркулирующей крови воспринимается рецепторами передних ядер гипоталамуса. Эфферентные влияния гипоталамуса включают механизмы кровообращения и кроверазрушения, механизмы депонирования крови и гемодинамические механизмы перераспределения крови. Наиболее быстрый эффект регуляции вызывает работа сердца, почек, изменение просвета сосудистого русла и скорости кровотока. Механизмы кроверазрушения действуют медленнее. Постоянство состава форменных элементов крови поддерживается благодаря действию краткосрочных и долгосрочных механизмов. Изменение скорости кровотока, количества циркулирующей и депонированной крови приводит к срочным изменениям в количестве форменных элементов. Рецепторы кроветворных органов костного мозга, селезенки и лимфатических узлов воспринимают эти изменения. При длительных изменениях в составе крови (кроветворение и кроверазрушение) происходит включение долгосрочных механизмов регуляции. Например, у жителей гористой местности постоянная гипоксия стимулирует долгосрочные механизмы образования эритроцитов. К долгосрочным и постоянно действующим механизмам относится и регуляторная роль группы Т- лимфоцитов, которая регулирует количественные соотношения клеток крови, воздействуя на исходный ряд предшественников эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов.

Постоянство физико-химического состава плазмы крови поддерживается благодаря высокой чувствительности его регуляторов, особенно гипоталамуса, что приводит к вклю-

чению внешних и внутренних факторов регуляции осмотического давления (это удовлетворение жажды и солевого голода, изменение массы циркулирующей крови, усиление или ослабление выделений, потоотделения).

Постоянное количество сахара в крови поддерживается благодаря импульсации из глюкорецепторов тканей печени, сосудов и других органов. При увеличении количества сахара в крови усиливается образование гликогена и жира из глюкозы, часть сахара выводится с мочой. При недостатке сахара гормональные системы, расторможенные через систему гипоталамус – гипофиз, усиливают образование сахара из гликогена, ускоряют всасывание его в кишечнике, задерживают выделение с мочой.

## **2. Адаптивные изменения в системе крови при физических нагрузках**

При мышечной нагрузке отмечается лейкоцитоз, преимущественно за счет лимфоцитов и нейтрофилов. При напряженной физической работе резко уменьшается число эозинофилов. Систематическая мышечная деятельность мобилизует естественные защитные факторы организма, его иммунологическую устойчивость. При этом образуются защитные комплексы крови – интерферон, пропердин. Мышечная работа ускоряет переход части лимфоцитов в костный мозг, что способствует стимуляции кроветворной функции.

## **3. Эндокринная система**

Железы внутренней секреции или эндокринные железы вырабатывают биологически активные вещества – гормоны. Морфологической особенностью этих желез является отсутствие специализированных выводных протоков. Гормоны эндокринной системы выделяются прямо в кровь, лимфу или спинномозговую жидкость. В систему желез внутренней секреции помимо специализированных желез входят неспецифические органы – стенки желудочно-кишечного тракта, нервная система. В желудке и 12-пестной кишке синтезируются гормоны - регуляторы функций желудка, поджелудочной железы и печени (гастрин, бомбезин, мотилин, энтерогастрон, секретин, панкреозимин). В печени синтезируется соматомедин, стимулирующий соматотропный гормон (соматотропин). Простагландины, образующиеся практически во всех тканях организма, являются посредниками в передаче гормональных влияний на процессы внутриклеточного обмена. Тканевые гормоны-регуляторы клеточного роста кейлоны – обладают способностью блокировать синтез ДНК и тем самым подавлять деление клеток.

По биологическому составу гормоны могут быть разделены на три группы: стероидные, белково-пептидные и производные аминокислот. Выраженной видовой специфичностью обладают только гормоны белково-пептидной группы – гормоны гипофиза.

Характерной особенностью гормональной регуляции физиологических функций является высокая чувствительность тканей-мишеней к определенным гормонам. Она обеспечивается рецепторами клеточных мембран, обладающих избирательной чувствительностью. Поэтому, несмотря на то, что в кровь выбрасываются и доставляются клеткам десятки разных гормонов, избирательная чувствительность гормональных рецепторов клетки делает ее восприимчивой только к строго определенным гормонам.

## **4. Система гипоталамус – гипофиз – надпочечники**

В данной системе гипоталамус выполняет роль высшего подкоркового эндокринного регулятора, вырабатывая как усиливающие, так и угнетающие функцию гипофиза нейропептиды (либерины и статины). Гипофиз связан с гипоталамусом сетью кровеносных сосудов, по которым поступают сигналы от гипоталамуса.

В гипофизе вырабатывается гормон роста – соматотропин и группа тропных гормонов, обеспечивающих пусковое влияние на надпочечник, половые железы, щитовидную железу. При гиперфункции гипофиза рост людей превышает 2 м. Например, император Рима Максимилиан имел рост 2,5 м, а крестьянин Махнов – 2,85 м, а самый высокий человек в мире - имел рост 3,2 м. Это гигантизм, который сопровождается акромегалией – разрастанием костей лица, рук, стопы. При гипофункции гипофиза происходит задержка роста, люди могут иметь рост от нескольких десятков сантиметров до 1 м. В Египте жила карлица ростом 38 см.

Гипофиз выделяет группу гонадотропных гормонов (фолликулостимулирующий, пролактин), стимулирующих секреторную функцию половых желез. Гипофиз выделяет тиротропный гормон тиротропин, который увеличивает продукцию гормонов щитовидной железы; выделяет адренокортикотропный гормон (АКТГ), который усиливает синтез гормонов в коре надпочечников; выделяет вазопрессин (или антидиуретический гормон АДГ), который усиливает реабсорбцию воды в почках; выделяет окситацин, усиливающий родовую деятельность; выделяет меланофорный (пигментостимулирующий) гормон интермедин, усиливающий пигментообразующую функцию кожи.

Физиология надпочечников. Атрофия надпочечников приводит к адиссоновой или бронзовой болезни, когда отмечается нарушение обменных процессов, а кожа лица и открытых частей тела приобретает цвет старой бронзы. Надпочечники играют роль важнейшего регулятора сложных взаимоотношений организма и среды в стрессовых ситуациях.

Надпочечники состоят из коркового и мозгового слоев. В корковом слое надпочечников образуются гормоны глюкокортикоиды (кортизон, кортикостерон, дегидрокортикостерон) которые регулируют углеводный обмен. Корковые стероидные гормоны стимулируют физическую работоспособность, снижают утомляемость скелетных мышц. Кортизон обладает высокой противовоспалительной активностью.

Гормоны минералокортикоиды регулируют водный и минеральный обмен. Альдостерон увеличивает реабсорбцию натрия и выведение калия с мочой. Предшественником гормонов надпочечников является холестерин, который находится в крови.

Гормоны мозгового слоя надпочечников (адреналин и норадреналин) оказывают выраженное стимулирующее влияние на мышечную работоспособность за счет усиления углеводного обмена и усиления работы сердечно-сосудистой и дыхательных систем.

#### **5. Внутрисекреторная функция поджелудочной железы**

Гормонами поджелудочной железы являются инсулин, глюкагон, липокаин. Инсулин увеличивает способность клеточных мембран пропускать углеводы. Содержание свободного сахара в крови при этом уменьшается, происходит его депонирование в виде гликогена или использование в окислительных энергетических процессах клеточного метаболизма. Инсулин повышает активность окислительных ферментов – глюкокиназ.

Глюкагон оказывает влияние на депонированный гликоген, количество сахара в крови при этом увеличивается (гипергликемия).

Липокаин участвует в регуляции фосфолипидного обмена. Он предупреждает ожирение печени, ускоряет окисление жирных кислот в печени, стимулирует образование лецитина.

При гипофункции поджелудочной железы развивается сахарный диабет. При этом сахар практически не усваивается клетками организма, развивается гипергликемия с последующим выведением сахара из организма. Недостаток сахара приводит к судорогам, потере сознания и смерти.

Введение избыточного количества инсулина увеличивает проницаемость клеточных мембран для сахара, что приводит к уменьшению сахара в крови и развитию инсулинового шока.

#### **6. Внутрисекреторная функция половых желез и эпифиза**

Преждевременное половое созревание тормозится вилочковой (зобной) железой. Вилочковая железа функционирует как эндокринная до наступления периода половой зрелости. У половозрелого человека вилочковая железа продуцирует Т-лимфоциты. К мужским половым гормонам андрогенам относятся тестостерон, андростендиол. Тестостерон регулирует сперматогенез, развитие вторичных половых признаков, оказывает влияние на уровень белкового и углеводного обмена, в частности, уменьшает синтез гликогена в печени. К женским половым гормонам эстрагенам относят эстрол, эстриол, эстрадиол, которые выступают регуляторами овариально-менструального цикла.

Внутрисекреторная функция эпифиза связана с регуляцией темпов полового созревания. Гормон эпифиза мелатонин тормозит развитие половых желез у детей. Разрушение

эпифиза приводит к преждевременному половому созреванию. Предшественник мелатонина – серотонин, обнаруженный в небольшом количестве в эпифизе, быстрее синтезируется в светлое время суток.

## **7. Регуляторная функция эндокринной системы организма**

Высшим подкорковым регулятором эндокринной функции является гипоталамус. Железы внутренней секреции имеют обширную эфферентную вегетативную иннервацию. Афферентная импульсация из эндокринных желез поступает в центры вегетативной регуляции гипоталамуса. Эндокринные влияния изменяются рефлекторно: импульсы с проприорецепторов, болевое раздражение, эмоциональные факторы, психические и физические напряжения влияют на секрецию гормонов. Эти влияния реализуются через симпатическую и парасимпатическую нервную систему.

Все железы внутренней секреции включены в систему нервно-гуморальной регуляции. Например, регуляция внутри секреторной функции гипофиза. Передняя доля гипофиза находится как под контролем симпатической нервной системы, так и под влиянием релизинг-факторов гипоталамуса.

Под влиянием нейросекретов гипоталамуса (либеринов) передняя доля гипофиза усиливает секрецию гонадо-, кортико-, тирео-, соматотропных и других гормонов. В гипоталамусе вырабатываются и вещества, тормозящие биосинтез гормонов гипофиза (статины). Гипоталамус обладает высокой чувствительностью к уровню гормонов в крови. Увеличение их содержания в крови тормозит выделение либеринов и стимулирует образование статинов.

Аденилатциклаза выступает в качестве первичного передаточного звена, через которое открывается доступ гормона к ферментам клетки. Циклическая АМФ активирует фермент протеинкиназу, которая катализирует присоединение фосфата к внутриклеточным белкам-ферментам. То есть это конечное звено в цепи передатчиков влияний гормонов на обменные процессы в клетке.

Специфичность действия гормонов на клеточный метаболизм связывается с особой ролью простагландинов. На каждую клетку организма одновременно действуют несколько гормонов. Простагландины выступают своеобразными регулировщиками в выборе гормона, необходимого клетке. Простагландины могут подавлять действие аденил-атциклазы по отношению к гормону, в котором клетка не нуждается.

Если в крови накапливается избыточное количество гормонов, простагландины пропускают к аденилатциклазе только те гормоны, действие которых вызывает положительный адаптивный эффект. Например, при реакциях напряжения (стресса) происходит мобилизация гликогена печени вследствие повышенной потребности тканей к глюкозе. Избирательность действия гормона адреналина, мобилизующего этот процесс, обеспечивается простагландинами.

Адреналин, попадая в печень, соединяется со своим рецептором на мембранах печеночных клеток. В ответ на это активизируется синтез циклической АМФ. Она действует на клеточные киназы. Конечная цепочка активированных киназой ферментативных процессов в клетке завершается образованием глюкозы из гликогена. Глюкоза поступает в кровь и разносится к клеткам. Энергетические возможности организма повышаются за счет освобожденной глюкозы.

Биологическое значение передачи гормональных воздействий заключается в ступенчато нарастающем эффекте воздействия небольших доз гормонов через посредников, имеющих в достаточном количестве во всех клетках организма.

## **Заключение**

Регуляция функций поджелудочной, щитовидной, половых желез имеет принципиально единую схему нейрогуморального управления, осуществляемого по системному принципу. Однако, в механизмах влияния гормонов на внутриклеточные процессы обмена можно выделить три типа взаимодействия. 1. Группа стероидных и тиреоидных гормонов свободно проходят через клеточную мембрану. Гормоны вступают в контакт с белками рецепторами ядра клетки и запускают синтез белков ферментов. 2. Часть гормонов (инсулин,

соматомедин) увеличивает проницаемость клеточной мембраны для питательных и биологически активных веществ, ограничивая этим свое регулярное воздействие на внутриклеточные процессы. 3. Группа гормонов (катехоломины, пептидные гормоны) взаимодействуют с рецепторными белками мембраны. В результате этого изменяются свойства наружной клеточной мембраны, а также свойства ферментов, находящихся внутри клетки. В первую очередь это относится к аденилатциклазе – ферменту, активизирующему синтез циклического аденозинмонофосфата (ц-АМФ).

## **Тема 6. Физиологические особенности системы пищеварения организма человека**

Введение

1. Характеристика переваривающей функции органов пищеварения.
2. Сущность полостного и пристеночного пищеварения
3. Характеристика мембранного пищеварения
4. Современная схема переваривания пищи

Заключение

### **Цель лекции**

Ознакомить студентов с физиологическими функциями органов пищеварения.

### **Задачи лекции**

Сформировать у студентов убеждение о необходимости знать механизмы пищеварения в организме человека.

### **Ключевые вопросы**

1. Органы пищеварения
2. Особенности полостного пищеварения
3. Особенности мембранного пищеварения
4. Физиологическая роль ферментов кишечного сока
5. Роль пищеварительных желез кишечника в сохранении здоровья

### **Библиографические источники**

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Иезуитова Н.Н., Тимофеева Н.М.. Пищеварение у человека и высших животных. Природа. № 8, 1999 г.
4. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
5. Морозов И. А., Лысиков Ю. А., Хвыля С. И. Всасывание и секреция в тонкой кишке, М.: Медицина, 1988.
6. Наумова У. И. Функциональная морфология пищеварительной системы грызунов и зайцеобразных. М.:Наука, 1981.
7. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
8. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
9. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
10. Уголев А. М. Пристеночное (контактное) пищеварение. М.-Л.: изд. АН СССР, 1963.
11. Уголев А. М. Мембранное пищеварение. Полисубстратные процессы, организация и регуляция. Л.: Наука, 1972.

12. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
13. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

## **Введение**

Пищеварение – процесс механической и химической обработки пищи. Химическое расщепление питательных веществ на составляющие их простые компоненты, которые могут пройти сквозь стенки пищеварительного канала, осуществляется под действием ферментов, входящих в состав соков пищеварительных желез (слюнных, печени, поджелудочной и т.д.). Процесс пищеварения осуществляется поэтапно, последовательно. В каждом из отделов пищеварительного тракта своя среда, свои условия, необходимые для расщепления определенных компонентов пищи (белков, жиров, углеводов).

### **1. Характеристика переваривающей функции органов пищеварения**

Слизкая оболочка органов пищеварительной системы развивается из энтодермы, мышечная оболочка – из мезенхимы, брюшина и ее производные – из вентральной мезодермы.

Кишечник начинается двенадцатиперстной кишкой, в которую открываются протоки поджелудочной железы и желчного пузыря. Тонкий кишечник – самая длинная часть пищеварительной системы. Слизистая оболочка образует ворсинки, к которым подходят кровеносные и лимфатические капилляры. Через ворсинки происходит всасывание.

Толстый кишечник – имеет длину 1,5 м., он вырабатывает слизь, содержит бактерии, расщепляющие клетчатку. Конечный отдел – прямая кишка – заканчивается анальным отверстием, через которое удаляются непереваренные остатки пищи.

### **2. Сущность полостного и пристеночного пищеварения**

Полостное и пристеночное пищеварение в тонкой кишке

В тонкой кишке существует полостное пищеварение, с помощью которого осуществляются начальные этапы гидролиза пищевых продуктов, и пристеночное (мембранное) пищеварение, когда происходит окончательное переваривание белков, жиров и углеводов на уровне мембран энтероцитов.

Полостное пищеварение происходит с помощью ферментов пищеварительных секретов, поступающих в полость тонкой кишки (поджелудочный сок, желчь, кишечный сок). В результате полостного пищеварения крупномолекулярные вещества (полимеры) гидролизуются в основном до стадии олигомеров. Дальнейший их гидролиз идет в зоне, прилегающей к слизистой оболочке и непосредственно на ней.

Для оценки полостного пищеварения применяются методы определения в еональном содержимом ферментов энтерокиназы, щелочной фосфатазы, амилазы, липазы, трипсина, оказывающих свое действие в полости тонкой кишки. По мере усиления дистрофических и атрофических процессов в тонкой кишке при различных патологических процессах активность указанных ферментов закономерно снижается.

Пристеночное пищеварение в широком смысле происходит в слое слизистых наложений, находящемся над гликокаликсом, зоне гликокаликса и на поверхности микроворсинок. Слой слизистых наложений состоит из слизи, продуцируемой слизистой оболочкой тонкой кишки и слущивающегося кишечного эпителия. В этом слое находится много ферментов поджелудочной железы и кишечного сока.

Питательные вещества, проходя через слой слизи, подвергаются воздействию этих ферментов. Гликокаликс адсорбирует из полости тонкой кишки ферменты пищеварительных соков, которые осуществляют промежуточные стадии гидролиза всех основных питательных веществ. Продукты гидролиза поступают на апикальные мембраны энтероцитов, в которые встроены кишечные ферменты, осуществляющие собственное мембранное пищеварение, в результате которого образуются мономеры, способные всасываться. Благодаря

близкому расположению встроенных в мембрану собственных кишечных ферментов и транспортных систем, обеспечивающих всасывание, создаются условия для сопряжения процессов конечного гидролиза питательных веществ и начала их всасывания.

Для пристеночного (мембранного) пищеварения характерна следующая зависимость: секреторная активность эпителиоцитов убывает от крипты к вершине кишечной ворсинки. В верхней части ворсинки идет в основном гидролиз дипептидов, у основания - дисахаридов. Пристеночное пищеварение зависит от ферментного состава мембран энтероцитов, сорбционных свойств мембраны, моторики тонкой кишки, от интенсивности полостного пищеварения, диеты. На мембранное пищеварение оказывают влияние гормоны надпочечников (синтез и транслокация ферментов).

Оценка мембранного пищеварения может быть осуществлена с помощью ряда методик - пробы с пищевыми нагрузками, главным образом, углеводами и в последующем построении гликемических кривых.

Мембранное пищеварение осуществляется на структурах клеточной мембраны. Оно является заключительным этапом для внеклеточного пищеварения. При мембранном пищеварении мембранный гидролиз и всасывание объединены в единый процесс. В этом случае пищеварение осуществляют ферменты двух типов – панкреатического и собственно кишечного. Первые распределены, главным образом, на поверхности кишечного эпителия и осуществляют промежуточные стадии гидролиза, а вторые встроены в клеточную мембрану и обеспечивают образование конечных продуктов переваривания, а также взаимодействия пищеварения и транспорта внутрь клеток. Мембранное пищеварение происходит на внешней поверхности клеток кишечного эпителия – энтероцитах, в специальной структуре, которая называется щеточной каймой. Эта структура образована множеством выростов – микроворсинок. На каждой клетке количество микроворсинок достигает 4000, расстояние между ними около 15-29 нанометров, что не позволяет микроорганизмам попадать в межворсинчатое пространство. Поэтому всасывание питательных веществ происходит практически в стерильных условиях. Огромное количество микроворсинок в 20-60 раз увеличивает всасывающую поверхность энтероцита.

В физиологии принято различать полостное, пристеночное, мембранное пищеварение, осуществляемое собственными ферментами организма, и симбионтное пищеварение, происходящее при содействии микрофлоры. Однако если первые три типа считаются присущими всем видам позвоночных, то последний обычно характерен для жвачных (в том числе, сельскохозяйственных животных), а также грызунов и зайцеобразных.

Симбионтное пищеварение типично для растительноядных животных, что вызвано необходимостью разложения гликанов, которые не могут перерабатываться собственным пищеварительным аппаратом, а расщепляются лишь с помощью бактерий-симбионтов. Поэтому естественно, что основным органом травоядных, в котором протекают процессы подготовки растительной пищи к дальнейшей утилизации ее компонентов, является преджелудок. В нем происходит не только всасывание метаболитов, образующихся под действием бактерий-симбионтов, но также поглощение самих этих бактерий, являющихся основным источником белка для травоядных.

В отличие от травоядных, у всеядных животных, включая человека, доминирует “эндогенное” пищеварение, связанное в первую очередь с функционированием собственных ферментов. Однако и у них осуществляется симбионтное пищеварение, но уже не в желудке, где кислая среда, оптимальная для активности многих гидролитических ферментов, препятствует развитию микроорганизмов, а в толстой кишке, прежде всего, в восходящем ее отделе. Высокой эффективности симбионтного пищеварения у всеядных животных, а также у человека, способствует наличие в толстом кишечнике поперечных складок (гаустр), за счет которых образуются “карманы” или камеры, где задерживаются субстраты микробиоты, а также ритмическое движение (моторная активность) толстой кишки, обеспечивающее перемешивание содержимого.

Меньший вклад в энергоснабжение дают дикарбоновые кислоты (в частности, янтарная) и некоторые аминокислоты ("α-аминомасляная кислота, β-аланин, глутаминовая и ε-аминокапроновая кислоты). Эти метаболиты также используются для нужд хозяина, в основном, в роли сигнальных молекул, т. е. молекул-регуляторов тех или иных процессов в организме.

Помимо ЛЖК, в значительной мере восполняющих энергетические затраты клеток эпителия, микробиота поставляет хозяину витамины группы В, в частности, В<sub>12</sub>, витамин К и некоторые др. Большое значение для нормального функционирования эпителия и организма в целом имеет также синтез β-аланина, необходимого для получения пантотеновой кислоты (витамин В<sub>3</sub>). Следует отметить также участие микробиоты в рецикле некоторых макро-(железо) и микроэлементов (цинк, кобальт и др.).

Далее остановимся на влиянии на метаболизм эукариотических клеток сигнальных молекул бактериального происхождения, действующих посредством мембранных комплексов или входящих в цитоплазму и действующих на внутриклеточные мишени. Ниже при рассмотрении адгезии микробных клеток к эпителию будет показано, что и от клеток эпителия и его микроокружения микробиота получает сигналы, необходимые ей для укоренения в надлежащих экологических нишах. Для восприятия внешних сигналов бактерии располагают специальными генами. Не вызывает сомнений, что адаптация бактерий к существованию в пищеварительном тракте животных и в других экологических нишах — следствие многочисленных мутаций и генных перестроек, закрепленных селекцией. В свою очередь, микроорганизмы посылают сигналы клеткам хозяина для обеспечения собственной химической защиты, что можно рассматривать как одно из проявлений антибиоза или аллелопатии. Однако в физиологических условиях организм преобразует эти сигналы для регуляции деятельности своих систем. Один из типов таких сигналов может быть обусловлен модификацией поверхности эукариотических клеток, приводящей к изменениям в интенсивности и направленности метаболизма. По аналогии с механизмом действия стероидных гормонов можно представить механизм возникновения сходных сигналов бактериального происхождения. Стероидные гормоны, будучи небольшими гидрофобными молекулами, легко диффундируют через цитоплазматическую мембрану и далее, связываются с цитоплазматическими рецепторами, транспортируются в ядро. Нельзя исключить, что подобную роль могут играть структурно близкие к эстрогенам нейтральные и кислые стероиды бактериального происхождения, или конъюгированные стероидные гормоны, которые выделяются с желчью и подвергаются вначале действию бактериальных β-глюкокоронидаз и сульфатаз, а затем вторичному метаболизму. Проникая в клетки, эти соединения могут оказывать влияние на экспрессию генов или изменять характер их действия, участвуя тем самым в дифференцировке клеток. При этом нельзя упускать из виду, что одно и то же соединение в гистологически разных тканях может оказывать разный эффект на одни и те же гены или действовать на разные гены.

Вероятно, существуют общие механизмы воздействия микробиоты на организм, основанные на том, что медиаторы, исходящие от микроорганизмов воспринимаются не только поверхностью клеток, но проникают через мембраны и воздействуют на внутриклеточные мишени. Носителями этих сигналов могут быть метаболиты (не только стероидной природы), надмолекулярные фрагменты бактерий, либо сами микроорганизмы, попадающие в цитоплазму клеток-эукариотов. Значение явления вхождения (интернализация) не ограничивается лишь влиянием на метаболизм, но затрагивает более глубокие процессы, в частности, пролиферацию и процессы дифференцировки тканей.

Важной иллюстрацией способности микробиоты посылать хозяину сигнальные молекулы является образование γ-аминомасляной кислоты (ГАМК) в реакции декарбоксилирования глутамата. ГАМК является одним из основных тормозных нейромедиаторов. Ранее мы отмечали, что имеются данные, позволяющие предположить существование единой системы ГАМК (синтезированной в ГАМК-ергических синапсах центральной нервной системы и микробиотой), управляющей реакциями торможения. Кроме того, бактериальная ГАМК

оказывает влияние на моторную деятельность толстой кишки. Снижение ее выработки микробиотой и поступления в нервные ткани толстой кишки приводит, как мы полагаем, к снижению порога болевой чувствительности. Способностью оказывать различные местные и системные эффекты обладают также бактериальные серотонин гистамин, высокие концентрации которых обнаружены в ЖКТ. Вместе с тем, следует отметить, что при нарушении равновесных отношений в системе микробио- хозяин возникает ситуация, когда сигналы микрофлоры начинают играть патофизиологическую роль. Ярким примером в этом отношении может служить иницирование бактериальными токсинами каскадов реакций, ведущих к развитию диареи (с участием аденилатциклазной системы, локализованной в плазматической мембране эпителиальных клеток).

### **3. Характеристика мембранного пищеварения**

В результате открытия в 1958 г. мембранного пищеварения двухзвенная схема усвоения пищевых веществ была заменена на трехзвенную: полостное пищеварение - мембранное пищеварение - всасывание. Внутриклеточное пищеварение, присущее низшим организмам, у высших животных служит дополнительным механизмом расщепления некоторых малых молекул и играет определенную роль на ранних этапах онтогенеза. Для лучшего понимания процесса ассимиляции пищи в целом кратко охарактеризуем все известные типы пищеварения.

Полостное пищеварение происходит в ротовой полости, в желудке и тонкой кишке, где часто сочетается с мембранным, а иногда и с внутриклеточным. Осуществляется этот тип пищеварения ферментами, которые секретируются клетками и действуют за их пределами. Растворенные в водной фазе ферменты атакуют поглощенные организмом субстраты, разрушая преимущественно крупные молекулы и молекулярные комплексы, т.е. обеспечивают начальные этапы пищеварения.

Внутриклеточное пищеварение реализуется, когда нерасщепленные или частично расщепленные пищевые вещества проникают внутрь клеток, где гидролизуются содержащимися в цитоплазме ферментами. Существует два подтипа внутриклеточного пищеварения: везикулярный и молекулярный. В первом случае проникновение вещества происходит вместе с втянутым внутрь клетки участком плазматической мембраны. В результате этого процесса - эндоцитоза - образуется везикулярная структура, которая часто сливается с лизосомой, содержащей большой набор гидролитических ферментов. В такой вновь образовавшейся структуре - фагосоме - и происходит расщепление поступивших в клетку веществ. Непереваренные остатки фагосомы выбрасываются из клетки. Следует заметить, что эндоцитоз протекает очень медленно, а потому несуществен в обеспечении пищевых потребностей организма. При молекулярном пищеварении находящиеся в цитоплазме ферменты гидролизуют проникающие в клетку небольшие молекулы (димеры и олигомеры).

Мембранное пищеварение обнаружено на всех ступенях эволюционной лестницы. У человека и высших животных этот тип пищеварения осуществляется в тонкой кишке и реализуется ферментами, связанными со структурами мембран кишечных клеток. К этим ферментам относятся: панкреатические - ферменты, которые секретируются клетками поджелудочной железы, поступают вместе с ее соком в тонкую кишку, где адсорбируются на апикальной (внешней, обращенной в полость тонкой кишки) поверхности кишечных клеток; мембранные, или трансмембранные, - собственно кишечные ферменты, которые синтезируются в самих кишечных клетках и затем встраиваются в их апикальную мембрану. В отличие от адсорбированных панкреатических ферментов мембранные прочно связаны с липопротеиновой мембраной микроворсинок щеточной каймы кишечных клеток, что объясняется их молекулярной структурой. Как правило, ферментативно активные белки мембраны кишечных клеток - олигомеры с большой молекулярной массой (так, молекулярная масса щелочной фосфатазы составляет 120-130 кДа, олигосахаридаз - более 200 кДа), как и другие трансмембранные белки, относятся к амфипатическим белкам, т.е. состоят из гидрофильной (до 90-95% от основной массы) и гидрофобной частей. Гидрофильная часть выполняет каталитическую функцию, несет на себе углеводные остатки и существенно выдается над уров-

нем мембраны, гидрофобная - пронизывает мембрану и может частично выступать на ее внутренней поверхности. Активные центры ферментов обращены в полость тонкой кишки, т.е. ориентированы по отношению к мембране и водной среде.

Некоторые мембранные ферменты образуют комплекс из двух субъединиц (в данном случае сахарозно-изомальтазный). Гидрофильная его часть выдается над уровнем мембраны, и именно в ней находится активный центр фермента. Гидрофобная часть служит якорем и пронизывает мембрану клетки тонкой кишки.

Этим мембранное пищеварение принципиально отличается от внутриклеточного и полостного типов, но оно малоэффективно по отношению к крупным молекулам и тем более их комплексам. Панкреатические ферменты реализуют преимущественно промежуточные этапы гидролиза пищевых веществ (углеводов, белков, жиров и т.д.), мембранные - заключительные. Мембранное пищеварение объединяет процессы полостного пищеварения и всасывания, что облегчает проникновение расщепленных продуктов в клетку.

Схема взаимодействий полостного и мембранного пищеварений в тонкой кишке. Гидролиз высокомолекулярных пищевых субстратов происходит в полости и на внутренней поверхности тонкой кишки. Дальнейшая деполимеризация продуктов гидролиза протекает на липопротеиновой мембране за счет адсорбированных преимущественно панкреатических ферментов (промежуточные этапы гидролиза) и собственно мембранных (заключительные этапы). 1 - мембрана, 2 - микроворсинки, 3 - апикальный гликокаликс, 4 - латеральный гликокаликс, 5 - высокомолекулярные субстраты, 6 - низкомолекулярные субстраты, 7 - панкреатические ферменты, 8 - мембранные ферменты, 9 - транспортная система мембраны, 10 - регуляторные центры ферментов, 11 - каталитические центры ферментов, 12 - продукты.

#### *Строение апикальной поверхности кишечной клетки*

Внешний слой слизистой оболочки тонкой кишки образован однослойным цилиндрическим эпителием, состоящим в основном из всасывающих (абсорбирующих) клеток, которые выполняют пищеварительные и транспортные функции, а также служат барьером между внешней и внутренней средами. Любопытно, что общее число этих клеток у человека составляет примерно  $10^{10}$ , а соматических -  $10^{15}$ . Получается, что каждая кишечная клетка "кормит" около 100 тыс. других клеток организма.

На апикальной поверхности кишечной клетки находится около 3-4 тыс. покрытых мембраной микроворсинок (плазматических выростов), за счет которых поверхность клетки увеличивается примерно в 40 раз. Микроворсинки образуют так называемую щеточную кайму, которая покрыта гликокаликсом (сетью из множества мукополисахаридных нитей, связанных кальциевыми мостиками) толщиной около 0.5 мкм. Расстояния между микроворсинками чрезвычайно малы (в среднем 1-2 мкм), а ячейки сети гликокаликса в сотни раз меньше. Благодаря этому зона щеточной каймы (в здоровом организме) препятствует проникновению бактерий, антигенов, токсических веществ и других высокомолекулярных соединений из кишечной среды во внутреннюю. Исключение составляют лишь молекулы, которые уже подверглись гидролизу в полости тонкой кишки и на ее поверхности.

#### **4. Современная схема переваривания пищи**

Последовательная обработка пищи происходит в результате ее постепенного перемещения по пищеварительному тракту через отделы (ротовую полость, пищевод, желудок, кишечник), структура и функции которых строго специализированы.

В ротовой полости пища подвергается не только механическому измельчению, но и частичной химической обработке: содержащаяся в слюне альфа-амилаза расщепляет углеводы. Далее, минуя пищевод, пищевой комок перемещается в желудок, где смешивается с кислым желудочным соком (обладающим ферментативной активностью, антибактериальными свойствами и способностью денатурировать клеточные структуры и молекулы белков) и образует жидкий или полужидкий химус. Состав желудочного сока соответствует количеству и качеству пищи, а секреторная активность координирована с моторикой желудка. Клетки слизистой оболочки желудка секреторируют ферменты пепсинового ряда, обеспечивающие начальные этапы гидролиза белков (в желудке разрушается около 10% пептидных

связей в молекуле белка). Кроме того, под влиянием желудочной липазы происходит частичное расщепление жиров, особенно высокодиспергированных, которые содержатся в молоке и яичных желтках. Из фундального отдела желудка, где в поверхностных слоях пищевой массы происходит гидролиз белков и жиров, а в глубоких - за счет слюнной альфа-амилазы продолжается расщепление углеводов, химус перемещается в пилорический отдел, откуда после частичной нейтрализации эвакуируется в кишечник.

Рассказывая о типах пищеварения, мы косвенно упоминали о процессах, протекающих в тонкой кишке - одном из главных органов пищеварительной системы, где расщепляются белки, углеводы и жиры. Напомним, что здесь реализуются все три типа пищеварения (полостное, мембранное и внутриклеточное), и обсудим лишь некоторые дополнительные детали. После действия пепсинов из желудка в тонкую кишку поступает смесь из незначительного количества аминокислот, а в основном белков, поли- и олигопептидов. Их дальнейшую судьбу определяют ферменты поджелудочной железы, которые поступают в полость тонкой кишки в виде неактивных форм, активация которых происходит в двенадцатиперстной кишке. В результате совместного поэтапного действия этих ферментов (трипсина, химотрипсина, эластазы и карбоксипептидаз) образуется смесь свободных аминокислот и олигопептидов, состоящих из двух-шести аминокислотных остатков.

Углеводы (крахмал и гликоген) гидролизуются альфа-амилазой до альфа-декстринов, три- и дисахаридов (мальтозы, мальтотриозы, изомальтозы) без значительного накопления глюкозы.

Схемы переваривания и всасывания углеводов (слева) и белков в тонкой кишке.

В гидролизе жиров (триглицеридов животного и растительного происхождения) принимает участие желчь, которую вырабатывают клетки печени. Желчь эмульгирует жиры, что приводит к увеличению поверхности соприкосновения их с липазой, которая при взаимодействии с другим ферментом - колипазой - гидролизует триглицериды, последовательно отщепляя жирные кислоты с образованием ди-, моноглицеридов и незначительного количества жирных кислот и глицерина. В отсутствие колипазы желчные кислоты ингибируют активность липазы. Пищевые фосфолипиды скорее всего должны быть частично гидролизованы панкреатической фосфолипазой А2 прежде, чем триглицериды войдут в контакт с липазой.

Гидролиз пищевых веществ, хотя и незначительный, происходит и на подступах к внешнему слою слизистой оболочки тонкой кишки, а именно в слизи, которая обладает не только защитной, смазывающей и барьерной функциями, но и пищеварительной. В ее слое содержатся как панкреатические, так и мембранные ферменты, попавшие в слизь при слущивании (десквамации) и деградации кишечных клеток. Заключительные этапы гидролиза белков, углеводов, жиров, нуклеиновых кислот, эфиров фосфорной кислоты, витаминов и т.д. осуществляются мембранными ферментами, встроенными в липопротеиновую апикальную мембрану кишечных клеток.

Дисахариды, поступающие с пищей (например, пищевой сахар) или образующиеся при гидролизе крахмала или гликогена, расщепляются мембранными ферментами до моносахаридов, которые транспортируются через апикальную мембрану кишечных клеток и далее во внутреннюю среду организма, в систему циркуляции.

Триглицериды расщепляются под действием не только липазы поджелудочного сока, но и мембранной моноглицеридлипазы. Жиры всасываются в виде жирных кислот и частично 2-моноглицеридов.

Расщепление белков и продуктов их полостного гидролиза реализуется в дальнейшем кишечными пептидазами, которых значительно больше, чем олигосахаридаз. Полипептиды, поступающие в зону щеточной каймы, расщепляются до олигопептидов, дипептидов и аминокислот, способных к всасыванию. Пептиды, состоящие более чем из трех аминокислотных остатков, гидролизуются преимущественно мембранными ферментами, а три- и дипептиды как мембранными, так и внутриклеточными ферментами цитоплазмы. Глицилгли-

цин и некоторые пролиновые и оксипролиновые дипептиды, не имеющие существенного питательного значения, всасываются частично или полностью в нерасщепленном виде.

В целом за счет мембранного пищеварения расщепляется большая часть гликозидных, пептидных и эфирных связей.

Есть основания полагать, что внутриклеточные пептидазы обеспечивают также расщепление мало гидролизуемых или не гидролизуемых мембранными ферментами пептидов, транспортируемых через мембрану кишечных клеток. Кроме того, они функционируют у новорожденных, участвуя в расщеплении белков, поступающих в кишечные клетки в этот период жизни. Возможно, они могут также функционировать и при некоторых формах патологии тонкой кишки, сопровождающейся нарушением целостности мембраны кишечных клеток. Существование в кишечных клетках как мембранных, так и внутриклеточных пептидаз повышает надежность клеточной системы протеолиза в целом и предохраняет организм от поступления во внутреннюю среду организма чужеродных белков и антигенов.

Наконец, анализ локализации субэпителиальных процессов гидролиза в тонкой кишке позволил предположить существование “соединительнотканного” пищеварения, которое связано с эндотелием сосудов, лейкоцитами и, возможно, фибробластами.

В толстой кишке пищеварение весьма незначительно, так как поступающий в этот отдел химус уже почти не содержит непереваренных пищевых веществ. Тем не менее в слизистой оболочке толстой кишки присутствуют пищеварительные ферменты, что свидетельствует о потенциальной возможности их участия в пищеварительных процессах (например, у больных с короткой тонкой кишкой). В полости толстой кишки присутствуют также в незначительных количествах пищеварительные ферменты и бактериальная флора, вызывающая сбраживание углеводов и гниение белков, в результате чего образуются органические кислоты, газы (углекислый газ, метан, сероводород) и ядовитые вещества (фенол, скатол, индол, крезол), которые после всасывания в кровь обезвреживаются в печени. Вследствие микробного брожения расщепляется и клетчатка.

#### **Заключение**

Видовой состав и соотношение отдельных групп микробов, обитающих в кишечнике человека и животных, значительно различаются. В толстой кишке обнаружено более 400 видов микробов. У взрослого человека преобладают облигатно-анаэробные палочки (около 90%), на долю факультативно-анаэробных микробов (кишечной палочки, молочных бактерий, стрептококков) приходится около 10%.

В толстой кишке происходит всасывание воды (до 95%), минеральных и органических компонентов химуса, а также электролитов, глюкозы, аминокислот и некоторых витаминов, продуцируемых кишечной флорой.

## **Тема 7. Характеристика мышечной системы**

### **План лекции**

Введение

1. Физиология мышц
2. Классификация мышц.
3. Механизм мышечного сокращения.
4. Работа мышц.
5. Двигательная сенсорная система

Заключение

### **Цель лекции**

Ознакомить студентов с физиологическими функциями мышечной системы

### **Задачи лекции**

Сформировать у студентов убеждение о необходимости контролировать работу мышечной системы

## Ключевые вопросы

1. Сократимоость гладких мышц
2. Сократимоость поперечнополосатых мышц
3. Строение мышечных волокон
4. Функция двигательной системы
5. Биохимические процессы в мышечной ткани

## Библиографические источники

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
6. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
7. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
8. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

## Введение

И.М. Сеченов в книге «Рефлексы головного мозга» пишет: «Все бесконечное разнообразие внешних проявлений мозговой деятельности сводится окончательно к одному лишь явлению – мышечному движению. Смеётся ли ребёнок при виде игрушки, улыбается ли Гарибальди, когда его гонят за излишнюю любовь к Родине, дрожит ли девушка при первой мысли о любви, создает ли Ньютон мировые законы и пишет их на бумаге – везде окончательным фактором является мышечное движение».

## 1. Физиология мышц

Скелетные мышцы приводят в движение кости, активно изменяют положение тела человека, участвуют в образовании стенок ротовой, брюшной полостей, таза, входят в состав стенок глотки, верхней части пищевода, гортани, осуществляют движения глазного яблока и слуховых косточек, дыхательные и глотательные движения. Скелетные мышцы удерживают тело человека в равновесии, перемещают его в пространстве. Общая масса скелетной мускулатуры у новорожденного ребенка составляет 20-22% массы тела; у взрослого человека достигает 40%; у пожилых и старых людей уменьшается до 25-30%. У человека около 400 поперечнополосатых мышц, сокращающихся произвольно под воздействием импульсов, поступающих по нервам из центральной нервной системы.

Пучки поперечно-полосатых мышечных волокон образуют скелетные мышцы, которые иннервируются мотонейронами—двигательными нейронами передних рогов спинного мозга. В зависимости от ряда морфофизиологических показателей (толщины волокон, содержания в них миоглобина, количества митохондрий, активности окислительных ферментов) различают красные, белые и промежуточные поперечно-полосатые мышечные волокна. Красные волокна богаты саркоплазмой, миоглобином и митохондриями, активность окислительных ферментов в них высокая, однако они самые тонкие, количество миофибрилл в них невелико и они расположены группами. Более толстые промежуточные волокна беднее миоглобином и митохондриями. И наконец, самые толстые белые волокна содержат мень-

ше всего саркоплазмы, миоглобина и митохондрий, но количество миофибрилл в них больше и располагаются они равномерно, в них ниже активность окислительных ферментов. Структура и функция волокон неразрывно связаны между собой. С функциональной точки зрения мышца состоит из двигательных единиц. Каждая двигательная единица — это группа мышечных волокон (миосимпластов), иннервируемых одним двигательным нейроном передних рогов спинного мозга, которые сокращаются одновременно. У человека двигательная единица, как правило, состоит из 150 (и более) мышечных волокон. Причем в различных мышцах число волокон, входящих в состав двигательной единицы, различно. Так, например, в наружной прямой мышце глаза человека двигательная единица включает в себя 13-20 мышечных волокон, в двуглавой мышце плеча — 750-1000, в медиальной головке икроножной мышцы — 1500-2000 (И. Рюэгг, 1985). Будучи иннервируемыми одним двигательным нейроном, все мышечные волокна одной двигательной единицы сокращаются одновременно, но различные двигательные единицы могут сокращаться как одновременно, так и последовательно.

Поперечно-полосатые мышечные волокна одной двигательной единицы идентичны по своему строению и функциональным особенностям. Различают две разновидности двигательных единиц: медленные и быстрые. Медленные двигательные единицы состоят из небольшого числа богатых митохондриями и окислительными ферментами красных мышечных волокон, которые хорошо кровоснабжаются (4-6 капилляров на одно мышечное волокно). Такие двигательные единицы развивают небольшую силу, сокращаются медленно, выполняют длительную работу умеренной мощности, практически не утомляясь.

Быстрые двигательные единицы, в свою очередь, подразделяются на две группы: легко утомляемые и устойчивые к утомлению. Легко утомляемые образованы большим количеством белых мышечных волокон, они сокращаются с большой скоростью, развивая при этом большую силу, однако быстро утомляются. Эти двигательные единицы способны выполнять большую работу в течение короткого времени. Быстрые, устойчивые к утомлению двигательные единицы сильные и сокращаются быстро. Они образованы промежуточными волокнами, которые по своим морфофункциональным особенностям занимают положение между медленными неустойчивыми (красные) и быстрыми утомляемыми (белые).

Скелетные мышцы человека содержат мышечные волокна всех типов, однако в зависимости от функции мышцы в ней преобладает тот или иной тип волокон. Например, в четырехглавой мышце бедра человека относительное количество «красных» волокон (медленных единиц) колеблется в пределах от 40 до 98%. В то же время соотношение тех и других в каждой мышце строго индивидуально и детерминировано генетически (D.R. Wilkie, 1976). Чем больше в мышцах «белых» (быстрых) волокон, тем человек лучше приспособлен к выполнению физической работы, требующей большой силы и скорости; чем больше «красных» (медленных) волокон, тем выносливее человек.

Из эпимизия в мышцу проникают кровеносные сосуды, разветвляющиеся во внутреннем перемизии и эндомизии, в последнем располагаются капилляры и нервные волокна. Мышцы и сухожилия богаты чувствительными нервными окончаниями, воспринимающими «мышечное и сухожильное чувство» -- информацию о тоне мышечных волокон, степени их сокращения, растяжении сухожилий — и передающими ее по нервам в мозг. Эти рецепторы образуют нервно-мышечные и нервно-сухожильные веретена, окруженные соединительнотканной капсулой. Двигательные окончания аксонов образуют моторные бляшки (аксомышечные синапсы), напоминающие по своему строению синапсы.

Мышечные пучки формируют брюшко, переходящее в сухожильную часть. Проксимальный отдел мышцы — ее головка — начинается от кости; дистальный конец — хвост (сухожилие) — прикрепляется к другой кости. Исключением из этого правила являются мимические мышцы, мышцы дна полости рта и промежности, которые не прикрепляются к костям. Начало мышцы находится проксимальнее, чем точка ее прикрепления, которая располагается дистальнее. Начало сокращающейся мышцы остается неподвижным, это ее фиксированная точка. На другой кости, к которой прикрепляются мышцы, находится подвижная

точка. При сокращении мышцы она изменяет свое положение. При некоторых движениях положения фиксированной и подвижной точек меняются.

Сухожилия различных мышц отличаются друг от друга. Так, мышцы конечностей имеют узкие и длинные сухожилия. Широкое и плоское сухожилие, сухожильное растяжение, или апоневроз, характерно для мышц, участвующих в формировании стенок полостей тела. Брюшко некоторых мышц разделено промежуточным сухожилием, например двубрюшная мышца. На протяжении некоторых мышц имеются промежуточные сухожилия, называемые сухожильными перемышками, например прямая мышца живота. Будучи относительно тонким, сухожилие мало растяжимо, обладает значительной прочностью и выдерживает огромные нагрузки. Так, например, сухожилие четырехглавой мышцы бедра способно выдержать растяжение силой в 600 кг, Ахиллово сухожилие — в 400 кг.

Форма мышцы связана с ее функцией. На конечностях чаще всего встречаются мышцы веретенообразной формы, т.к. они прикрепляются общими своими концами к длинным костям, выполняющим роль рычагов (например, двуглавая мышца плеча). Мышцы лентовидной формы либо в виде пластин участвуют в образовании стенок туловища (например, косые и поперечные мышцы живота). Пучки некоторых мышц расположены циркулярно (например, круговая мышца рта). Эти мышцы — сжиматели, они окружают ротовое, заднепроходное и другие естественные отверстия тела человека.

Мышцы имеют ряд вспомогательных образований. Каждая мышца или группа сходных по функциям мышц окружены своей собственной фасцией. Если мышцы лежат в несколько слоев, то между соседними мышцами располагаются листки фасции: между поверхностными — поверхностный, между глубокими — глубокий. Поверхностная фасция отделяет мышцы от подкожной клетчатки. Она целиком окутывает все мышцы какой-нибудь области (например, конечности). Мышечные перегородки разделяют группы мышц, выполняющих различную функцию.

Синовиальное влагалище отделяет движущееся сухожилие от неподвижных стенок фиброзного влагалища и устраняет их трение. Синовиальное влагалище представляет собой заполненную небольшим количеством жидкости полость, ограниченную висцеральным и париетальным листками.

Элементы биомеханики. При сокращении концы мышцы, прикрепленные к костям, приближаются друг к другу. Кости, соединенные суставами, действуют как рычаги. В биомеханике выделяют два типа рычагов: рычаг первого рода - точки приложения действующих на него сил (сопротивления и приложения силы) находятся по разные стороны от точки опоры; рычаг второго рода - обе силы прилагаются по одну сторону от точки опоры.

Изменяя положение костных рычагов, мышцы действуют на суставы. При этом каждая мышца действует на сустав только в одном направлении. У одноосного сустава (цилиндрический, блоковидный) имеются две действующие на него мышцы, являющиеся антагонистами; одна мышца — сгибатель, другая разгибатель. В то же время на каждый сустав в одном направлении действуют, как правило, две мышцы и более, являющиеся синергистами. У двухосного сустава (эллипсоидный, мышелковый, седловидный) мышцы группируются соответственно двум его осям, вокруг которых совершаются движения. К шаровидному суставу, имеющему три оси движения (многоосный сустав), мышцы прилегают со всех сторон. Так, например, в плечевом суставе имеются мышцы сгибатели и разгибатели (движения вокруг фронтальной оси), отводящие и приводящие (движения вокруг сагиттальной оси) и вращатели, осуществляющие движения вокруг продольной оси: вовнутрь (пронаторы) и кнаружи (супинаторы).

К группе мышц синергистов или антагонистов имеются главные, которые осуществляют конкретное движение, и вспомогательные, которые как бы моделируют движение и создают его индивидуальный характер. При сокращении соответствующих мышц тело человека, не совершая тех или иных движений, удерживается в определенном положении. Исходя из этого различают три вида работы мышц: преодолевающую, уступающую и удерживающую.

Одна из функций человеческого организма — изменение положения частей тела, передвижение в пространстве. Движения происходят при участии костей, выполняющих функции рычагов, и скелетных мышц, которые вместе с костями и их соединениями образуют опорно-двигательный аппарат. Кости и соединения костей составляют пассивную часть опорно-двигательного аппарата, а мышцы, выполняющие функции сокращения и изменения положения костей представляют собой активную часть.

Скелет и образующие его кости, имеющие сложное строение и химический состав, обладают большой прочностью. Они выполняют в организме функции опоры, передвижения и защиты.

Опорная функция скелета состоит в том, что кости поддерживают прикрепляющиеся к ним мягкие ткани, участвуют в образовании стенок полостей, в которых помещаются внутренние органы. Без скелета тело человека, на которое действуют силы тяжести, не могло бы занимать определенное положение в пространстве.

К костям прикрепляются фасции, связки, являющиеся элементами мягкого остова, или мягкого скелета, который также принимает участие в удержании органов возле костей, образующих твердый скелет (остов). Кости скелета выполняют функции длинных и коротких рычагов, приводимых в движение мышцами. В результате части тела обладают способностью к передвижению. Скелет образует вместилища для жизненно важных органов, защищает их от внешних воздействий. Так, в полости черепа находится головной мозг, в позвоночном канале — спинной мозг; грудная клетка защищает сердце, легкие, крупные сосуды; костный таз — органы половой и мочевой систем и т. д.

## **2. Классификация мышц**

У человека существует 3 вида мышц: поперечно-полосатые скелетные мышцы, особая поперечно-полосатая сердечная мышца и гладкие мышцы внутренних органов. Функциональной единицей мышцы является двигательная единица, состоящая из мотонейрона спинного мозга, его аксона (двигательного нерва) с многочисленными окончаниями и иннервируемых им мышечных волокон. Возбуждение мотонейрона вызывает одновременное сокращение всех входящих в эту единицу мышечных волокон.

Мышечное волокно представляет собой вытянутую клетку (ее диаметр около 10-100 мкм, а длина 10-12 см). В состав волокна входят его оболочка - сарколемма, жидкое содержимое - саркоплазма, ядро, митохондрии, рибосомы, сократительные элементы - миофибриллы, а также замкнутая система продольных трубочек и цистерн, расположенных вдоль миофибрилл и содержащих ионы  $Ca^{2+}$ , - саркоплазматический ретикулум. Поверхностная мембрана клетки через равные промежутки образует поперечные трубочки, входящие внутрь мышечного волокна, по которым внутрь клетки проникает потенциал действия при ее возбуждении.

Миофибриллы - тонкие волокна, содержащие 2 вида сократительных белков: тонкие нити актина и вдвое более толстые нити миозина. Они расположены так, что вокруг миозиновых нитей находится 6 актиновых нитей, в вокруг каждой актиновой - 3 миозиновых. Миофибриллы разделены 2-мембранами на отдельные участки - саркомеры, в средней части которых расположены преимущественно миозиновые нити, а актиновые нити прикреплены к 2-мембранам по бокам саркомера. Актин состоит из двух форм белка: 1) глобулярной формы - в виде сферических молекул и 2) палочковидных молекул тропомиозина, скрученных в виде двунитчатых спиралей в длинную цепь. На протяжении этой двойной актиновой нити каждый виток содержит по 14 молекул глобулярного актина, а также центры связывания ионов  $Ca^{2+}$ . В этих центрах содержится особый белок (тропонин), участвующий в образовании связи актина с миозином. Миозин составлен из уложенных параллельно белковых нитей. На обоих концах его имеются отходящие в стороны шейки с утолщениями - головками благодаря которым образуются поперечные мостики между миозином и актином.

Единой классификации скелетных мышц нет. Мышцы подразделяют по их положению в теле человека, по форме, направлению мышечных волокон, функции, по отношению к

суставам. Бывают мышцы поверхностные и глубокие, медиальные и латеральные, наружные и внутренние.

По форме мышцы очень разнообразны. Наиболее часто встречаются веретенообразные мышцы, характерные для конечностей (прикрепляются к костям, выполняющим роль рычагов), и широкие мышцы, участвующие в образовании стенок туловища. Например, веретенообразной является двуглавая мышца плеча, а широкой — прямая мышца живота, наружная, внутренняя косые и поперечная мышцы живота широчайшая мышца спины. Пучки мышечных волокон веретенообразных мышц ориентированы параллельно длинной оси мышцы. Если мышечные пучки лежат по одну сторону от сухожилия под углом к нему, мышцу называют одноперистой, а если с обеих сторон от сухожилия, то мышца будет двуперистая. Иногда мышечные пучки сложно переплетаются и к сухожилию подходят с нескольких сторон. В таких случаях образуется многоперистая мышца.

Сложность строения мышц может заключаться в наличии у некоторых из них двух, трех или четырех головок, двух и нескольких сухожилий — “хвостов”. Так, мышцы, имеющие две головки и больше, начинаются на различных рядом лежащих костях или от различных точек одной кости. Затем эти головки соединяются и образуют общее брюшко и общее сухожилие. Такие мышцы имеют соответствующее их строению название: *biceps* — двуглавая, *triceps* — трехглавая, *quadriceps* — четырехглавая. От одного общего брюшка может отходить несколько сухожилий, прикрепляющихся к различным костям: например, на кисти, на стопе к фалангам пальцев — длинный сгибатель пальцев. У некоторых мышц образующие их пучки имеют циркулярное (круговое) направление. Такие мышцы обычно окружают естественные отверстия тела (ротовое и заднепроходное) и выполняют функцию сжимателей — сфинктеров.

Названия мышц имеют разное происхождение. В названиях мышц получили отражение их форма: ромбоидная, трапецевидная, квадратная; величина: большая, малая, длинная, короткая; направление мышечных пучков или самой мышцы: косая, поперечная; строение: двуглавая, трехглавая, двубрюшная и т. д.; их начало прикрепления: плечелучевая, грудино-ключично-сосцевидная мышцы; функция, которую они выполняют: сгибательная, разгибательная, вращательная, поднимательная.

### **3. Механизм мышечного сокращения.**

При произвольной внутренней команде сокращение мышцы человека начинается примерно через 0.05 с (50 мс). За это время моторная команда передается от коры больших полушарий к мотонейронам спинного мозга и по двигательным волокнам к мышце. Подойдя к мышце, процесс возбуждения должен с помощью медиатора преодолеть нервно-мышечный синапс, что занимает примерно 0.5 мс. Медиатором здесь является ацетилхолин, который содержится в синаптических пузырьках в пресинаптической части синапса. Нервный импульс вызывает перемещение синаптических пузырьков к пресинаптической мембране, их опорожнение и выход медиатора в синаптическую щель. Действие ацетилхолина на постсинаптическую мембрану чрезвычайно кратковременно, после чего он разрушается ацетилхолинэстеразой на уксусную кислоту и холин.

По мере расходования запасы ацетилхолина постоянно пополняются путем его синтеза в пресинаптической мембране. Однако, при очень частой и длительной импульсации мотонейрона расход ацетилхолина превышает его пополнение, а также снижается чувствительность постсинаптической мембраны к его действию. В результате чего нарушается проведение возбуждения через нервно-мышечный синапс. Выделившийся в синаптическую щель медиатор прикрепляется к рецепторам постсинаптической мембраны и вызывает в ней явления деполяризации. Небольшое подпороговое раздражение вызывает лишь местное возбуждение или небольшой амплитуды потенциал концевой пластинки (ПКП).

При достаточной частоте нервных импульсов ПКП достигает порогового значения и на мышечной мембране развивается мышечный потенциал действия. Он (со скоростью  $>5$  м/с) распространяется вдоль по поверхности мышечного волокна и заходит в поперечные трубочки внутрь волокна. Повышая проницаемость клеточных мембран, потенциал действия

вызывает выход из цистерн и трубочек саркоплазматического ретикулула ионов  $Ca^{2+}$ , которые проникают в миофибриллы, к центрам связывания этих ионов на молекулах актина.

Под влиянием  $Ca^{2+}$  длинные молекулы тропомиозина проворачиваются вдоль оси и скрываются в желобки между сферическими молекулами актина, открывая участки прикрепления головок миозина к актину. Тем самым между актином и миозином образуются поперечные мостики. При этом головки миозина совершают гребковые движения, обеспечивая скольжение нитей актина вдоль нитей миозина с обоих концов саркомера к его центру, т.е. механическую реакцию мышечного волокна. Энергия гребкового движения одного мостика производит перемещение на 1 % длины актиновой нити. Для дальнейшего скольжения сократительных белков друг относительно друга мостики между актином и миозином должны распадаться и вновь образовываться на следующем центре связывания  $Ca^{2+}$ . Такой процесс происходит в результате активации в этот момент молекул миозина. Миозин приобретает свойства фермента АТФазы, который вызывает распад АТФ. Выделившаяся при распаде АТФ энергия приводит к разрушению имеющихся мостиков и образованию в присутствии  $Ca^{2+}$  новых мостиков на следующем участке актиновой нити. В результате повторения подобных процессов многократного образования и распада мостиков сокращается длина отдельных саркомеров и всего мышечного волокна в целом. Максимальная концентрация кальция в миофибрилле достигается уже через 3 мс после появления потенциала действия в поперечных трубочках, а максимальное напряжение мышечного волокна - через 20 мс. Весь процесс от появления мышечного потенциала действия до сокращения мышечного волокна называется электромеханической связью (или электромеханическим сопряжением). В результате сокращения мышечного волокна актин и миозин более равномерно распределяются внутри саркомера, и исчезает видимая под микроскопом поперечная исчерченность мышцы. Расслабление мышечного волокна связано с работой особого механизма - "кальциевого насоса", который обеспечивает откачку ионов  $Ca^{2+}$  из миофибрилл обратно в трубочки саркоплазматического ретикулула.

#### **4. Работа мышц.**

Основное свойство мышечной ткани, образующей скелетные мышцы, — сократимость — приводит к изменению длины мышцы под влиянием нервных импульсов. Мышцы действуют на костные рычаги, соединяющиеся при помощи суставов, при этом каждая мышца действует на сустав только в одном направлении. У одноосного сустава (цилиндрический, блоковидный) движение костных рычагов совершается только вокруг одной оси. Мышцы располагаются по отношению к такому суставу с двух сторон и действуют на него в двух направлениях (сгибание — разгибание; приведение — отведение, вращение). Например, в локтевом суставе одни мышцы — сгибатели, другие — разгибатели. Мышцы, действующие на сустав в противоположных направлениях (сгибатели и разгибатели), являются антагонистами. На каждый сустав в одном направлении, как правило, действуют две или более мышцы. Такие содружественно действующие в одном направлении мышцы называют синергистами. У двуосного сустава (эллипсоидный, мышечковый, седловидный) мышцы группируются соответственно двум его осям, вокруг которых совершаются движения. К шаровидному суставу, имеющему три оси движения (многоосный сустав), мышцы прилежат с нескольких сторон и действуют на него в разных направлениях. Так, например, в плечевом суставе имеются мышцы — сгибатели и разгибатели, осуществляющие движение вокруг фронтальной оси, отводящие и приводящие — вокруг сагиттальной оси и вращатели — вокруг продольной оси: внутрь — пронаторы и к наружи — супинаторы.

В группе мышц, выполняющих то или иное движение, можно выделить мышцы главные, обеспечивающие данные движения, и вспомогательные, о подсобной роли которых говорит само название. Они дополняют, моделируют движение, придают ему индивидуальные особенности.

Для функциональной характеристики мышц используются такие показатели, как их анатомический и физиологический поперечники. Анатомический поперечник — это площадь поперечного сечения, перпендикулярного длиннику мышцы и проходящего через

брюшко в наиболее широкой его части. Этот показатель характеризует величину мышцы, ее толщину. Физиологический поперечник представляет собой суммарную площадь поперечного сечения всех мышечных волокон, входящих в состав мышцы.

## 5. Двигательная сенсорная система

Двигательная сенсорная система служит для анализа состояния двигательного аппарата его движения и положения. Информация о степени сокращения скелетных мышц, натяжении сухожилий, изменении суставных углов необходима для регуляции двигательных актов и поз. Двигательная сенсорная система состоит из следующих 3-х отделов: 1) периферический отдел, представленный проприорецепторами, расположенными в мышцах, сухожилиях и суставных сумках; 2) проводниковый отдел, который начинается биполярными клетками (первыми нейронами), тела которых расположены вне ЦНС - в спинномозговых узлах, один их отросток связан с рецепторами, другой входит в спинной мозг и передает проприоцептивные импульсы ко вторым нейронам в продолговатый мозг (часть путей от проприорецепторов направляется в кору мозжечка), а далее к третьим нейронам - релейным ядрам таламуса (в промежуточный мозг); 3) корковый отдел находится в передней центральной извилине коры больших полушарий.

К проприорецепторам относятся мышечные веретена, сухожильные органы и суставные рецепторы (рецепторы суставной капсулы и суставных связок). Все эти рецепторы представляют собой механорецепторы, специфическим раздражителем которых является их растяжение. Мышечные веретена прикрепляются к мышечным волокнам параллельно - один конец к сухожилию, а другой - к волокну. Каждое веретено покрыто капсулой, образованной несколькими слоями клеток, которая в центральной части расширяется и образует ядерную сумку. Внутри веретена содержится несколько (от 2 до 14) тонких внутриверетенных или так называемых интрафузальных мышечных волокон. Эти волокна в 2-3 раза тоньше обычных волокон скелетных мышц (экстрафузальных).

Интрафузальные волокна подразделяются на два типа: 1) длинные, толстые, с ядрами в ядерной сумке, которые связаны с наиболее толстыми и быстропроводящими афферентными нервными волокнами - они информируют о динамическом компоненте движения (скорости изменения длины мышцы) 2) короткие, тонкие, с ядрами, вытянутыми в цепочку, информирующие о статическом компоненте (удерживаемой в данный момент длине мышцы). Окончания афферентных нервных волокон намотаны на интрафузальные волокна рецептора. При растяжении скелетной мышцы происходит растяжение и мышечных рецепторов, которое деформирует окончания нервных волокон и вызывает появление в них нервных импульсов. Частота проприоцептивной импульсации возрастает с увеличением растяжения мышцы, а также при увеличении скорости ее растяжения. Тем самым нервные центры информируются о скорости растяжения мышцы и ее длине. Сухожильные органы расположены в месте перехода мышечных волокон в сухожилия. Сухожильные рецепторы (окончания нервных волокон) оплетают тонкие сухожильные волокна, окруженные капсулой. В результате последовательного крепления сухожильных органов к мышечным волокнам (а в ряде случаев - к мышечным веретенам), растяжение сухожильных механорецепторов происходит при напряжении мышц. Таким образом, в отличие от мышечных веретен, сухожильные рецепторы информируют нервные центры о степени напряжения мышц и скорости его развития.

Точка приложения равнодействующих всех сил по отношению к телу человека - это центр его тяжести. Общий центр тяжести у мужчин расположен на уровне II крестцового позвонка, у женщин, - несколько ниже, у детей - выше; у новорожденного - на уровне VI грудного, у двухлетнего - I поясничного, у шестилетнего - III поясничного позвонка.

Мышцы головы делятся на две группы: мимические и жевательные. Однако следует подчеркнуть, что в ряде случаев они функционируют совместно (членораздельная речь, жевание, глотание, зевота). Мимические мышцы располагаются под кожей лица, в основном радиально или циркулярно вокруг ротового, носового отверстий, глазницы, наружного слухового прохода. Они начинаются от костей или фасций и вплетаются в кожу,

осуществляя мимические движения. К мимическим относятся мышцы свода черепа, ушной раковины, окружности глазной и ротовой щелей, носовых отверстий.

Жевательные мышцы располагаются на боковых отделах черепа по четыре с каждой стороны, две из них (жевательная и височная) — более поверхностно, две (крыловидные) — в нижневисочной ямке. Все они начинаются на костях лица и прикрепляются к нижней челюсти, приводя ее в движение.

Мышцы спины. Спина занимает заднюю поверхность туловища от наружного затылочного выступа и верхней выйной линии наверху до крестцово-подвздошных сочленений, задних отделов гребней подвздошных костей и копчика внизу. Спереди область спины ограничена задними подмышечными линиями. Мышцы спины располагаются послойно. Различают поверхностные и глубокие мышцы.

Поверхностные мышцы. Это трапециевидная, широчайшая спины, большая и малая ромбовидные, поднимающая лопатку, верхняя и нижняя задние ромбовидные. Они прикрепляются к лопатке, ключице, плечевой кости и осуществляют их движение. Последние две прикрепляются к ребрам, участвуют в акте вдоха.

Глубокие мышцы. К глубоким относятся ременная мышца шеи и головы, мышца, выпрямляющая позвоночник, которые особо развиты у человека в связи с прямохождением. а также поперечно-остистая, межостистые и межпоперечные. Эти мышцы разгибают позвоночник и удерживают тело человека в вертикальном положении. Четыре подзатылочные мышцы (большая и малая прямые, верхняя и нижняя косые) осуществляют движение головы.

Мышцы шеи. Область шеи наверху ограничена линией, идущей по нижнему краю тела и ветви нижней челюсти до височно-нижнечелюстного сустава и вершины сосцевидного отростка височной кости, верхней выйной линии, наружному затылочному выступу, внизу — яремной вырезкой грудины, верхними краями ключицы и далее линией, соединяющей последние с остистым отростком VII шейного позвонка. Шея разделена позвоночником на два отдела: меньший задний и передний — собственно область шеи. Движения шеи чаще всего комбинированные, их совершает большое количество мышц, которые делятся на две большие группы: мышцы, лежащие поверх гортани и кровеносных сосудов, и глубокие.

Мышцы, лежащие поверх гортани и кровеносных сосудов, делятся на три группы: поверхностные, надподъязычные и подподъязычные. Последние две группы осуществляют движения подъязычной кости.

К поверхностным мышцам относятся подкожная мышца шеи, которая у человека сильно редуцирована и является остатком мышцы, окутывающей все тело многих млекопитающих, и грудино-ключично-сосцевидная, наиболее развитая у человека в связи с прямохождением. При двухстороннем сокращении они запрокидывают голову, при одностороннем — наклоняют ее.

Надподъязычные мышцы расположены между нижней челюстью и подъязычной костью. Это двубрюшная, шилоподъязычная, челюстно-подъязычная и подбородочно-подъязычная. Они поднимают подъязычную кость.

Подподъязычные мышцы расположены под кожей впереди гортани, трахеи и щитовидной железы. Это грудино-подъязычная, грудино-щитовидная, лопаточно-подъязычная и щитоподъязычная. Они осуществляют движения гортани и опускают подъязычную кость.

Глубокие мышцы расположены на шейном отделе позвоночника (спереди и сбоку). К ним относятся лестничные, которые поднимают I и II ребра, длинные мышцы головы и шеи, участвующие в движении головы и шеи.

Мышцы груди. Область груди, расположенная на передней поверхности туловища, вверху ограничена яремной вырезкой грудины и верхними краями ключиц, внизу — линией, проходящей через основание мечевидного отростка, реберные дуги по направлению к XII грудному позвонку, с боков задними подмышечными линиями. Мышцы груди также располагаются послойно.

Поверхностные мышцы (большая и малая грудные, подключичная и передняя зубчатая) прикрепляются к лопатке, ключице и плечевой кости, они осуществляют их движения.

К глубоким мышцам груди относятся наружные и внутренние межреберные, подреберные, поднимающие ребра и поперечные. Они расположены целиком на груди и осуществляют движения ребер. В усиленном вдохе участвуют диафрагма, лестничные, грудиноключично-сосцевидная, большие и малые грудные и другие мышцы; в усиленном выдохе — подреберные, поперечная груди, мышцы живота.

Мышцы живота. Под диафрагмой расположена брюшная полость, в которой залегают брюшные органы. Брюшная полость выстлана изнутри париетальным листком брюшины, который переходит на внутренности.

В связи с прямохождением брюшная стенка человека не несет тяжести внутренностей. Она лишена костного скелета, мощные мышцы, образующие брюшной пресс, компенсируют отсутствие скелета. Мышцы живота расположены послойно. Различают три группы: мышцы боковых стенок (наружная и внутренняя косые, поперечные), мышцы передней стенки (прямая, пирамидальная) и мышцы задней стенки (квадратная мышца поясницы). Мышцы живота — брюшной пресс — предохраняют внутренности, оказывают на них давление и удерживают в определенном положении, а также участвуют в движениях позвоночника и ребер.

Мышцы боковых стенок переходят в обширные апоневрозы. В результате перекреста волокон апоневрозов обеих сторон образуется белая линия живота, расположенная по его средней линии от мечевидного отростка грудины до лобкового симфиза. Почти на середине ее находится пупочное кольцо. Нижний край апоневроза наружной косой мышцы перекидывается между верхней передней подвздошной осью и лобковым бугорком, подворачиваясь внутрь в виде желоба. Этот край называется паховой (Пупартовой) связкой.

Щелевидный парный паховый канал длиной 4-5 см расположен в паховой области в толще мышц живота, направлен косо книзу и медиально, у мужчин через него проходит семенной канатик, у женщин — круглая связка матки.

Диафрагма служит верхней стенкой брюшной полости, она участвует в акте дыхания и вместе с мышцами живота — в осуществлении функции брюшного пресса. Диафрагма, которая имеется только у млекопитающих, представляет собой тонкую мышцу, изогнутую в виде купола, обращенного в грудную полость. Правая часть купола расположена несколько выше, чем левая. Мышечные пучки, конvergируя от периферии к середине диафрагмы, переходят в ее сухожильный центр. Через диафрагму проходят аорта, пищевод, симпатические стволы, вены, нервы и т.д.

Дно малого таза (нижняя стенка брюшной полости) сформировано двумя группами мышц, образующих диафрагмы таза и мочеполовую. Диафрагма таза образована мощной мышцей, поднимающей задний проход. Мышца каждой стороны треугольной формы состоит из множества пучков, начинающихся на внутренней поверхности таза. Обе мышцы спускаются вниз наподобие воронки, окружают конечный отдел прямой кишки и прикрепляются к копчику. Мышца формирует дно полости таза и укрепляет его, а также часть стенки мочевого пузыря, влагалища, суживает влагалище. В поверхностном слое лежит наружный сфинктер заднего прохода, расположенный непосредственно под кожей.

В мочеполовой диафрагме различают глубокое и поверхностное пространства промежности. В первом находятся парная глубокая поперечная мышца промежности, укрепляющая диафрагму, и сфинктер мочеиспускательного канала, являющийся по существу частью предыдущей мышцы. В поверхностном пространстве лежат парная луковично-губчатая мышца, которая окружает у мужчин луковичу полового члена и его губчатое тело, у женщин — наружное отверстие влагалища; седалищно-перистая мышца, способствующая эрекции полового члена или клитора; поперечная мышца промежности. Мышцы обеих диафрагм окутаны фасциальными листками. Большинство мышц промежности вплетаются в сухожильный центр, который образован пучками плотной волокнистой соединительной ткани.

Мышцы верхней конечности. Рука как орган труда выполняет многочисленные и разнообразные движения, которые осуществляет большое количество мышц. Многие из них начинаются на ребрах, груди и позвоночнике и прикрепляются к костям пояса верхней конечности и плечевой кости. Мышцы верхней конечности подразделяются на мышцы плечевого пояса и мышцы свободной верхней конечности.

Мышцы плечевого пояса со всех сторон окружают плечевой сустав. Поверхностный слой образован дельтовидной мышцей, глубокий — над и подосной, большой и малой круглыми, подлопаточной и клювовидно-плечевой мышцами.

Мышцы свободной верхней конечности. Мышцы плеча делятся на две группы: передние являются сгибателями (двуглавая и лучевая), задние -- разгибатели (трехглавая и локтевая). Мышцы предплечья также делятся на две группы: переднюю и заднюю. К первой относятся семь сгибателей кисти и пальцев: плечелучевая, лучевой и локтевой сгибатели запястья, длинная ладонная (часто отсутствует), поверхностный и глубокий сгибатели пальцев, длинный сгибатель большого пальца и два пронатора – круглый и квадратный. Сгибатели пальцев осуществляют чрезвычайно тонкие и высококодифференцированные движения, которые свойственны лишь человеку разумному. Благодаря специальным упражнениям можно достигнуть необычайной точности и сложности движений. Во вторую группу входит девять разгибателей кисти и пальцев: длинный и короткий лучевые разгибатели запястья, локтевой разгибатель запястья, разгибатель пальцев, разгибатели мизинцев и указательного пальца, длинный и короткий разгибатели большого пальца, длинная мышца, отводящая большой палец, и один супинатор. Все они располагаются в несколько слоев.

Мышцы кисти. В жизнедеятельности каждого человека кисть в целом, и особенно пальцы, имеют первостепенное значение, т.к. именно они непосредственно выполняют движения и соприкасаются с предметами. Все эти движения осуществляются большим количеством мышц предплечья и кисти. Последние (18) располагаются только на ладонной поверхности, на тыльной лишь проходят сухожилия разгибателей, лежащих на предплечье. Мышцы кисти делятся на три группы: мышца возвышения большого пальца (короткая отводящая, короткий сгибатель, приводящая и противопоставляющая большой палец); возвышения V пальца (короткая ладонная, отводящая, короткий сгибатель и противопоставляющая мизинец); средняя группа (четыре червеобразные, три ладонные и четыре тыльные межкостные).

Мышцы нижней конечности. Нижняя конечность человека, являясь органом опоры и передвижения, имеет наиболее мощную мускулатуру, на долю которой приходится более 50% всей массы мышц. Согласно делению конечности на сегменты различают мышцы таза и свободной нижней конечности (бедро, голени и стопы). Из всех мышц нижней конечности у человека наиболее развиты большая ягодичная, выполняющая функции разгибателя бедра и поддержания тела в вертикальном положении, четырехглавая мышца бедра, разгибающая голень и поддерживающая тело в вертикальном положении, и камбаловидная, которая, осуществляет подошвенное сгибание стопы, начальные этапы движения (предотвращает наклон тела вперед).

Мышцы таза окружают со всех сторон тазобедренный сустав. Все они начинаются от костей таза и прикрепляются к верхней трети бедренной кости. Мышцы таза делятся на две группы: внутреннюю, которая расположена в полости таза (подвздошная, большая и малая поясничные, грушевидная, внутренняя запирающая), и наружную, расположенную на боковой поверхности таза и в области ягодицы (большая, средняя и малая ягодичные, квадратная бедра, напрягатель широкой фасции, наружная запирающая и две близнецные). Мышцы наружной группы лежат в несколько слоев. Они очень хорошо развиты у человека в связи с прямохождением (особенно большая ягодичная). Ягодичные мышцы регулируют равновесие тела при стоянии и ходьбе, у новорожденных и грудных детей они развиты слабо. По мере того как дети начинают ходить, развиваются ягодичные мышцы.

Мышцы свободной нижней конечности. Мышцы бедра развиты очень хорошо в связи с прямохождением. Они не только участвуют в передвижении тела, но и удерживают тело

в вертикальном положении. Мышцы бедра делятся на три группы: передняя (разгибатели) — четырехглавая и портняжная, задняя (сгибатели) — полусухожильная, полуперепончатая, двуглавая; медиальная (приводящие) — гребенчатая, топкая, длинная, короткая и большая приводящие. В связи с прямохождением сгибание и разгибание в коленном суставе у человека облегчено.

Мышцы голени также участвуют в прямохождении и удержании тела в вертикальном положении. Подобно предплечью, утолщенные мышечные части лежат в проксимальном отделе, по направлению к стопе они переходят в сухожилия. На голени отсутствуют вращатели. Мышцы голени делятся на три группы: переднюю (тыльное сгибание стопы и разгибание пальцев) — передняя большеберцовая, длинный разгибатель пальцев, длинный разгибатель большого пальца; заднюю (подошвенное сгибание стопы и пальцев) — трехглавая, подошвенная, подколенная, длинные сгибатели пальцев и большого пальца стопы и задняя большеберцовая; латеральную (пронация и латеральное сгибание стопы) — две малоберцовые: короткая и длинная. На задней поверхности коленного сустава мышца двуглавая и полуперепончатая (сверху) и обе головки икроножной (снизу) ограничивают подколенную ямку, имеющую форму ромба, в которой проходят сосуды и нервы.

В связи с прямохождением человеку постоянно приходится преодолевать силу тяжести, которая стремится согнуть нижние конечности в голеностопном суставе так, чтобы тело упало вперед. Поэтому у человека имеется большое количество мышц, осуществляющих подошвенное сгибание стопы (8), а малоберцовые мышцы являются сгибателями. Этому способствуют также развитие наружной лодыжки у человека и наличие мощного Ахиллова сухожилия.

Мышцы стопы. Движения пальцев стопы незначительны. Их осуществляют помимо мышц голени собственные мышцы, расположенные на тыле стопы (короткие разгибатели пальцев и большого пальца) и на подошве, последние преобладают. Подошвенные мышцы укрепляют свод стопы. Они делятся на три группы: медиальную, которая осуществляет движения большого пальца (отводящая, приводящая и короткий сгибатель); латеральную, приводящую в движение мизинец (отводящая и короткий сгибатель); среднюю (четыре червеобразные, короткий сгибатель пальцев, квадратная мышца подошвы, семь межкостных — три подошвенные и четыре тыльные). Фасция подошвы резко утолщается и образует подошвенный апоневроз, идущий от пяточного бугра к основаниям пальцев, от которого идут две перегородки вглубь, разделяющие описанные группы мышц.

### **Заключение**

Суставные рецепторы информируют о положении отдельных частей тела в пространстве и относительно друг друга. Эти рецепторы представляют собой свободные нервные окончания или окончания, заключенные в специальную капсулу. Одни суставные рецепторы посылают информацию о величине суставного угла, т. е. о положении сустава. Их импульсация продолжается в течение всего периода сохранения данного угла. Она тем большей частоты, чем больше сдвиг угла. Другие суставные рецепторы возбуждаются только в момент движения в суставе, т. е. посылают информацию о скорости движения. Частота их импульсации возрастает с увеличением скорости изменения суставного угла. Сигналы, идущие от рецепторов мышечных веретен, сухожильных органов, суставных сумок и тактильных рецепторов кожи, называют кинестетическими, т. е. информирующими о движении тела. Их участие в произвольной регуляции движений различно.

Сигналы от суставных рецепторов вызывают заметную реакцию в коре больших полушарий и хорошо осознаются. Благодаря им человек лучше воспринимает различия при движениях в суставах, чем различия в степени напряжения мышц при статических положениях или поддержании веса. Сигналы же от других проприорецепторов, поступающие преимущественно в мозжечок, обеспечивают бессознательную регуляцию, подсознательный контроль движений и поз.

## **Тема 8. Адаптационные изменения сердечнососудистой системы при различных видах физической работы**

### **План лекции**

#### **Введение**

1. Структура и функции кровообращения
  2. Основные физиологические свойства сердечной мышцы
  3. Показатели сердечной деятельности
  4. Виды и классификация физической работы
  5. Изменение показателей сердечной деятельности при различных видах физической работы
  6. Изменение кровотока в мышцах и коже при физической работе
- Заключение**

### **Цель лекции**

Ознакомить студентов с изменениями сердечнососудистой системы при адаптации организма к физическим нагрузкам

### **Задачи лекции**

Сформировать у студентов убеждение о необходимости контролировать работу сердечнососудистой системы

### **Ключевые вопросы**

1. Сердечный цикл, характеристика
2. Возбудимость сердечной мышцы
3. Фазы изменения возбудимости сердечной мышцы
4. Ритм сердца и факторы, влияющие на него
5. Показатели сердечной деятельности
6. Динамическая мышечная работа
7. Статическая мышечная работа
8. Частота пульса
9. Систолическое и диастолическое давление

### **Библиографические источники**

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
6. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
7. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
8. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

### **Введение**

Основное значение системы кровообращения состоит в снабжении кровью органов и тканей. Сердце за счет своей нагнетательной деятельности обеспечивает движение крови по замкнутой системе сосудов.

Кровь непрерывно движется по сосудам, что дает ей возможность выполнять все жизненно важные функции, а именно транспортную (перенос кислорода и питательные вещества), защитную (содержит антитела), регуляторную (содержит ферменты, гормоны и другие, биологически активные вещества).

## 1. Структура и функции кровообращения

Система кровообращения состоит из сердца и кровеносных сосудов (венозных, артериальных и лимфатических.)

Сердце человека — полый мышечный орган. Сплошной вертикальной перегородкой сердце делится на две половины: левую и правую. Вторая перегородка, идущая в горизонтальном направлении, образует в сердце четыре полости: верхние полости—предсердия, нижние—желудочки.

Стенка сердца состоит из трех слоев: внутреннего, среднего и наружного. *Внутренний слой представлен эндотелиальной оболочкой (эндокард)*, которая выстилает внутреннюю поверхность сердца.

*Средний слой (миокард)* состоит из поперечно-полосатой мышцы. Мускулатура предсердий отделена от мускулатуры желудочков соединительнотканной перегородкой. Мышечный слой предсердий развит значительно слабее, чем мышечный слой желудочков, что связано с особенностями функций, которые выполняет каждый отдел сердца. Наружная поверхность сердца покрыта *серозной оболочкой (эпикард)*, которая является внутренним листком *околосердечной сумки—перикарда*. Под серозной оболочкой расположены наиболее крупные коронарные артерии и вены, которые обеспечивают кровоснабжение тканей сердца, а также большое скопление нервных клеток и нервных волокон, иннервирующих сердце.

*Перикард и его значение.* Перикард (сердечная сорочка) окружает сердце как мешок и обеспечивает его свободное движение. Перикард состоит из двух листков: внутреннего (эпикард) и наружного, обращенного в сторону органов грудной клетки. Между листками перикарда имеется щель, заполненная серозной жидкостью. Жидкость уменьшает трение листков перикарда. Перикард ограничивает растяжение сердца наполняющей его кровью и является опорой для коронарных сосудов.

В сердце различают два вида *клапанов—атриовентрикулярные (предсердно-желудочковые) и полулунные*. Атриовентрикулярные клапаны располагаются между предсердиями и соответствующими желудочками. Левое предсердие от левого желудочка отделяет двустворчатый клапан. На границе между правым предсердием и правым желудочком находится трехстворчатый клапан..

Полулунные клапаны отделяют аорту от левого желудочка и легочный ствол от правого желудочка. Каждый полулунный клапан состоит из трех створок (кармашки), в центре которых имеются утолщения — узелки. Эти узелки, прилегая, друг к другу, обеспечивают полную герметизацию при закрытии полулунных клапанов.

*Сердечный цикл и его фазы.* В деятельности сердца можно выделить две фазы: *систола (сокращение) и диастола (расслабление)*. Систола предсердий слабее и короче систолы желудочков: в сердце человека она длится 0,1с, а систола желудочков – 0,3 с. диастола предсердий занимает 0,7с, а желудочков – 0,5 с. Общая пауза (одновременная диастола предсердий и желудочков) сердца длится 0,4 с. Весь сердечный цикл продолжается 0,8с. Длительность различных фаз сердечного цикла зависит от частоты сердечных сокращений. При более частых сердечных сокращениях деятельность каждой фазы уменьшается, особенно диастолы.

## 2. Основные физиологические свойства сердечной мышцы

Сердечная мышца, как и скелетная, обладает возбудимостью, способностью проводить возбуждение и сократимостью.

**Возбудимость сердечной мышцы.** Сердечная мышца менее возбудима, чем скелетная. Для возникновения возбуждения в сердечной мышце необходимо применить более сильный раздражитель, чем для скелетной. Установлено, что величина реакции сердечной мышцы не зависит от силы наносимых раздражений (электрических, механических, химических и т. д.). Сердечная мышца максимально сокращается и на пороговое, и на более сильное по величине раздражение.

**Проводимость.** Волны возбуждения проводятся по волокнам сердечной мышцы и так называемой специальной ткани сердца с неодинаковой скоростью. Возбуждение по волокнам мышц предсердий распространяется со скоростью 0,8—1,0 м/с, по волокнам мышц желудочков— 0,8—0,9 м/с, по специальной ткани сердца—2,0—4,2 м/с.

**Сократимость.** Сократимость сердечной мышцы имеет свои особенности. Первыми сокращаются мышцы предсердий, затем—папиллярные мышцы и субэндокардиальный слой мышц желудочков. В дальнейшем сокращение охватывает и внутренний слой желудочков, обеспечивая тем самым движение крови из полостей желудочков в аорту и легочный ствол.

Физиологическими особенностями сердечной мышцы является удлиненный рефрактерный период и автоматия. Теперь о них поподробнее.

**Рефрактерный период.** В сердце в отличие от других возбудимых тканей имеется значительно выраженный и удлиненный рефрактерный период. Он характеризуется резким снижением возбудимости ткани в течение ее активности. Выделяют абсолютный и относительный рефрактерный период (р.п.). Во время *абсолютного* р.п. какой бы силы не наносили раздражения на сердечную мышцу, она не отвечает на него возбуждением и сокращением. Он соответствует по времени систоле и началу диастолы предсердий и желудочков. Во время *относительного* р.п. возбудимость сердечной мышцы постепенно возвращается к исходному уровню. В этот период мышца может ответить на раздражитель сильнее порогового. Он обнаруживается во время диастолы предсердий и желудочков.

**Возбудимость сердечной мышцы.** Сердечная мышца менее возбудима, чем скелетная. Для возникновения возбуждения в сердечной мышце необходимо применить более сильный раздражитель, чем для скелетной. Установлено, что величина реакции сердечной мышцы не зависит от силы наносимых раздражений (электрических, механических, химических и т. д.). Сердечная мышца максимально сокращается и на пороговое, и на более сильное по величине раздражение.

#### **Фазы изменения возбудимости сердечной мышцы**

Сердечная мышца относится к электровозбудимым тканям организма. Биопотенциалы, возникающие в синусном узле, вызывают процесс возбуждения в кардиомиоцитах. Процесс возбуждения - это основа функции миокарда, так как процесс сокращения - один из компонентов сложного процесса возбуждения. Возбудимость сердечной мышцы меняется в ходе процесса возбуждения - она проходит фазовые изменения. Уникальная особенность сердечной мышцы состоит в том, что фазовые изменения возбудимости в миокарде протекают в течение сотен миллисекунд и совпадают с основными компонентами процесса возбуждения - биоэлектрическими явлениями и процессом сокращения.

**Проводимость.** Волны возбуждения проводятся по волокнам сердечной мышцы и так называемой специальной ткани сердца с неодинаковой скоростью. Возбуждение по волокнам мышц предсердий распространяется со скоростью 0,8—1,0 м/с, по волокнам мышц желудочков— 0,8—0,9 м/с, по специальной ткани сердца—2,0—4,2 м/с.

**Сократимость сердечной мышцы.** Сердечная мышца, обеспечивая работу сердца как насоса, всегда работает в режиме одиночных мышечных сокращений. По своим структурным и физиологическим свойствам сердечная мышца занимает промежуточное положение между поперечно-полосатыми (скелетными) мышцами и гладкими, образующими стенки сосудов и внутренних органов. По строению волокна миокарда близки к мышечным волокнам, образующим поперечно-полосатые мышцы. Их сократительные внутриклеточные структуры миофибриллы состоят из таких же сократительных белков -актина и миозина, включая регуляторный тропонин-тропомиозиновый белковый комплекс. Как и в скелетных мышцах, ме-

ханизм мышечного сокращения запускается ионами кальция, освобождающимися из внутри-клеточных мембранных структур - саркоплазматического ретикулума. Однако саркоплазматический ретикулум в миокардиальных волокнах менее упорядочен по сравнению со скелетными мышцами. Запасы внутриклеточного кальция меньше, поэтому сокращения сердечной мышцы более чем скелетной, зависят от содержания ионов кальция во внеклеточной жидкости.

**Рефрактерный период.** В сердце в отличие от других возбудимых тканей имеется значительно выраженный и удлиненный рефрактерный период. Он характеризуется резким снижением возбудимости ткани в течение ее активности. Выделяют абсолютный и относительный рефрактерный период (р.п.). Во время абсолютного р.п. какой бы силы не наносили раздражения на сердечную мышцу, она не отвечает на него возбуждением и сокращением. Он соответствует по времени систоле и началу диастолы предсердий и желудочков. Во время относительного р.п. возбудимость сердечной мышцы постепенно возвращается к исходному уровню. В этот период мышца может ответить на раздражитель сильнее порогового. Он обнаруживается во время диастолы предсердий и желудочков. Сокращение миокарда продолжается около 0.3 с., по времени примерно совпадает с рефрактерной фазой. Следовательно, в период сокращения сердце неспособно реагировать на раздражители. Благодаря выраженному р.п., который длится больше чем период систолы, сердечная мышца неспособна к тетаническому (длительному) сокращению и совершает свою работу по типу одиночного мышечного сокращения.

**Автоматия сердца.** Вне организма при определенных условиях сердце способно сокращаться и расслабляться, сохраняя правильный ритм. Следовательно, причин сокращений изолированного сердца лежит в нем самом. Способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом, носит название автоматии.

В сердце различают рабочую мускулатуру, представленную поперечнополосатой мышцей, и атипическую, или специальную, ткань, в которой возникает и проводится возбуждение.

У человека атипическая ткань состоит из:

синаурикулярного узла, располагающегося на задней стенке правого предсердия у места впадения полых вен; атриовентрикулярного (предсердно-желудочкового) узла находящегося в правом предсердии вблизи перегородки между предсердиями и желудочками; пучка Гиса (предсердно-желудочковый пучок), отходящего от атриовентрикулярного узла одним стволом. Пучок Гиса, пройдя через перегородку между предсердиями и желудочками, делится на две ножки, идущие к правому и левому желудочкам. Заканчивается пучок Гиса в толще мышц волокнами Пуркинье. Пучок Гиса—это единственный мышечный мостик, соединяющий предсердия с желудочками. Синаурикулярный узел является ведущим в деятельности сердца (водитель ритма), в нем возникают импульсы, определяющие частоту сокращений сердца. В норме атриовентрикулярный узел и пучок Гиса являются только передатчиками возбуждения из ведущего узла к сердечной мышце. Однако им присуща способность к автоматии, только выражена она в меньшей степени, чем у синаурикулярного узла, и проявляется лишь в условиях патологии. Атипическая ткань состоит из малодифференцированных мышечных волокон. В области синаурикулярного узла обнаружено значительное количество нервных клеток, нервных волокон и их окончаний, которые здесь образуют нервную сеть. К узлам атипической ткани подходят нервные волокна от блуждающих и симпатических нервов.

### 3. Показатели сердечной деятельности

**Ритм сердца и факторы, влияющие на него.** Ритм сердца, т. е. количество сокращений в 1 мин, зависит главным образом от функционального состояния блуждающих и симпатических нервов. При возбуждении симпатических нервов частота сердечных сокращений возрастает. Это явление носит название *тахикардии*. При возбуждении блуждающих нервов частота сердечных сокращений уменьшается — *брадикардия*.

На ритм сердца влияет также состояние коры головного мозга: при усилении торможения ритм сердца замедляется, при усилении возбудительного процесса стимулируется.

Ритм сердца может изменяться под влиянием гуморальных воздействий, в частности температуры крови, притекающей к сердцу. В опытах было показано, что местное раздражение теплом области правого предсердия (локализация ведущего узла) ведет к учащению ритма сердца при охлаждении этой области сердца наблюдается противоположный эффект. Местное раздражение теплом или холодом других участков сердца не отражается на частоте сердечных сокращений. Однако оно может изменить скорость проведения возбуждений по проводящей системе сердца и отразиться на силе сердечных сокращений.

Частота сердечных сокращений у здорового человека находится в зависимости от возраста. Что же является показателями сердечной деятельности?

**Показатели сердечной деятельности.** Показателями работы сердца являются систолический (ударный) и минутный объем сердца.

#### **Ударный объем крови**

Ударным (систолическим) объемом крови ( $Q_s$ ) называется количество крови, выбрасываемое сердцем в одно сокращение.

В покое в положении лёжа ударный объем крови у взрослых тренированных мужчин колеблется в среднем от 70 до 90 мл и зависит от размеров тела, в вертикальном положении показатели меньше. У женщин ударный объем крови в среднем на 25% меньше, чем у мужчин.

В условиях физической нагрузки приток венозной крови к сердцу усиливается. В начале работы  $Q_s$  быстро увеличивается до определённого уровня, зависящего от размеров сердца индивидуума и характера нагрузки, а через некоторое время при выполнении равномерной длительной нагрузки может понизиться. В таком случае величина минутного объема крови сохраняется неизменной за счёт увеличения частоты сердечных сокращений.

Максимальная величина ударного объема крови обычно достигается при нагрузке, соответствующей 30 – 40% максимума аэробной мощности. Увеличение  $Q_s$  при нагрузке, выполняемой в вертикальном положении тела, как у женщин, так и мужчин составляет 40 – 50% этого показателя в покое. При работе лёжа ударный объем возрастает мало.

В условиях тяжёлых нагрузок, когда частота сердечных сокращений достигает  $200 \text{ мин}^{-1}$ , время наполнения желудочков значительно сокращается, однако остаётся достаточным для сохранения максимального уровня ударного объема крови.

У нетренированных людей этот показатель достигает 150 – 170 мл. У спортсменов высокого класса, тренирующихся на выносливость, ударный объем крови может превысить 200 мл, и его увеличение продолжается вплоть до полного изнеможения, т.е. до отказа выполнять нагрузку.

Минутный объем крови, или сердечный выброс ( $Q$ ), - это количество крови, выбрасываемое сердцем в течение 1 мин. Он измеряется в Миллилитрах в минуту или литрах в минуту. Минутный объем правого и левого желудочка в нормальных условиях практически одинаков. Минутный объем нередко выражают через так называемый минутный индекс, представляющий отношение минутного объема крови к площади поверхности тела ( $\text{л/мин} \cdot \text{м}^2$ ).

Сердечный выброс зависит от ударного объема крови и частоты сердечных сокращений.

Эти величины отражают два главных свойства сердца – его сократительную функцию и автоматизм. Они контролируются нервной и эндокринной системами.

В определённой степени на кровообращение действует сила гравитации. Поэтому в состоянии покоя скорость циркуляции крови зависит от положения тела. При переходе из горизонтального положения в вертикальное некоторое количество крови перераспределяется в нижние конечности. В известной мере этот процесс задерживается венозными клапанами, однако центральный объем уменьшается, снижается её приток к правым отделам сердца. Это в свою очередь понижает величину систолического объема и вызывает увеличение частоты сердечных сокращений. Но ввиду неполной компенсации минутный объем крови несколько уменьшается.

В состоянии покоя величина сердечного выброса зависит от пола, возраста, условий окружающей среды и эмоционального состояния индивидуума.

В начале ритмичной мышечной деятельности минутный объём крови увеличивается, сначала быстро, потом более медленно и постепенно достигает устойчивого состояния. Это состояние зависит от интенсивности нагрузки. В то же время происходит стабилизация потребления кислорода. Таким образом, в фазе вработывания можно различать два этапа – «быстрый» и «медленный». Результирующий уровень сердечного выброса тесно связан с интенсивностью нагрузки.

Фаза адаптации при работе малой и средней интенсивности продолжается 1 – 2 мин, но с увеличением мощности нагрузки удлиняется. Устойчивое состояние раньше наступает у обследуемых, находящихся в хорошей физической форме. При выполнении длительных нагрузок наблюдается постепенное снижение ударного объёма, но соответствующий прирост частоты сердечных сокращений обеспечивает стабильность минутного объёма крови.

У пожилых людей из – за снижения максимальной частоты пульса уменьшается и максимальный сердечный выброс.

Данные о максимальных величинах минутного объёма противоречивы. Большинство исследований показывают, что сердечный выброс у нетренированных здоровых мужчин достигает при нагрузке 25 л/мин. Наивысшие показатели – около 40 л/мин – получены при обследовании спортсменов, тренирующихся на выносливость – велогонщиков и лыжников экстра-класса.

Под влиянием физической тренировки совершенствуется кровообращение на периферии и улучшается использование кислорода в тканях. Поэтому у тренированных людей по сравнению с нетренированными при выполнении субмаксимальных нагрузок минутный объём увеличивается меньше. После 4 – месячной интенсивной тренировки максимальный сердечный выброс может увеличиваться на 8%.

#### **4. Виды и классификация физической работы**

Максимальный объём мышечной работы у каждого человека ограничен индивидуальным пределом затрат энергии. Этот предел лимитируется возможностями доставки необходимого количества кислорода для обеспечения возрастающего уровня обменных процессов, т.е. функциональным состоянием дыхательной и сердечно – сосудистой систем. Показателем предельного уровня энергетических затрат организма обычно выступает величина максимального потребления кислорода (МПК).

Согласно ГОСТу 12.1.005 – 76[44], все виды мышечной работы по степени тяжести следует делить на три категории: лёгкую (энерготраты во время работы составляют до 150 ккал/ч), среднее (от 150 до 250 ккал/ч) и тяжёлую (более 250 ккал/ч). Однако верхний предел энергетической стоимости работ в различных отраслях сельского хозяйства составляет довольно большой диапазон (до 500 – 600 ккал/ч). Поэтому целесообразно выделять и четвёртую категорию – очень тяжёлую, характеризующуюся уровнем энерготрат 360 ккал/ч и более.

Тяжесть труда определяет возможное время его продолжительности. Так, изнурительная работа, при которой потребление кислорода достигает максимальных величин, может продолжаться всего несколько минут. В условиях производства, например в шахте, нагрузки такой интенсивности бывают исключительно редко, главным образом в аварийных ситуациях.

Очень тяжёлые работы, сопровождающиеся высоким уровнем напряжения функциональных систем организма, должны исключаться из повседневной деятельности человека. Они должны выполняться только при условии обязательного чередования с физиологическими обоснованными периодами отдыха.

На практике чаще всего нормирование физического труда подземных рабочих осуществляют путём установления времени необходимого отдыха, исходя из тяжести выполняемых работ. Для ориентировочного определения времени необходимого отдыха достаточно надёжным является так называемый уровень достижения МПК при выполнении конкретной работы.

Преимущества такого способа нормирования труда – возможность индивидуального определения допустимых физических нагрузок. При выполнении лёгких работ время отдыха должно составлять до 20%, при выполнении работ средней тяжести и тяжёлых – соответственно 23 – 30 и 33 – 40%, а очень тяжёлых – более 40%, от времени выполняемой работы данной тяжести.

Различают статическую и динамическую мышечную работу. При статической работе мышечное сокращение не связано с движением частей тела. Статическую нагрузку имеет, например мускулатура, обеспечивающая позу сидящего или стоящего человека. Статическая работа совершается при удержании груза.

При динамической работе тело или отдельные его части перемещаются. Физическая активность человека складывается из этих двух разновидностей работы. В процессе деятельности человека они постоянно комбинируются и чередуются.

Когда динамическая мышечная работа выполняется неизменно на субмаксимальной скорости на велоэргометре, потребление кислорода возрастает в первые минуты, а потом достигает «плато», так называемого стабильного уровня. Независимо от интенсивности работы сразу возникает кислородная задолженность, которая сохраняется в течение всего нагрузочного теста. Если работа лёгкая или умеренная, то длительность «переходной фазы» составляет 1 – 3 мин; сильные молодые люди приспосабливаются к нагрузке и достигают стабильного состояния гораздо быстрее, чем нетренированные или пожилые люди, у которых период адаптации может занимать несколько минут. Эта задержка в адаптации системы кровообращения вызывает в мышцах частичного гликолиза в начале работы, что приводит к кислородной задолженности. Такой дефицит кислорода возмещается после прекращения работы. За восстановительный период поглощения кислорода и содержание углекислого газа постепенно падают до значений, характерных для состояния покоя. Длительность, как периода адаптации, так и периода восстановления зависит от интенсивности работы, а также от возраста, пола и физической подготовки.

Если определять уровень поглощения кислорода в стабильном состоянии на основе интенсивности работы, то можно увидеть, что затраты кислорода и энергии связаны с интенсивностью работы до определённого предела, выше которого увеличение нагрузки уже не будет сопровождаться ростом поглощения кислорода.

Статическую работу можно выразить через понятие мышечного усилия, как часть развиваемого произвольно максимального изометрического сокращения, выраженную в процентах (ПМС). Статическую работу менее 15 – 20 % ПМС можно выполнять довольно долго, независимо от того, какая часть мышцы вовлечена в действие при условии, что нагрузка остаётся неизменной. Усилие выше этого уровня вызывает утомление, максимальное сокращение возможно только в течение нескольких секунд или минут.

Физиологические реакции на статическую работу отличны от наблюдаемых при динамической работе. Кровеносные сосуды при мышечном сокращении расширяются, но в отличие от реакции на работу, выполняемую ритмично, при изометрической нагрузке росту интенсивности кровотока через расширенные сосуды препятствует механическая компрессия постоянно сокращающихся мышечных волокон. При длительном сокращении механическая компрессия не ослабевает, что создаёт устойчивое препятствие кровотоку, в то время как при динамической работе механические воздействия на кровоток носят перемежающийся характер.

При условиях ниже критического уровня – 15 % ПМС кровотоков в изометрически сократившейся мышце стабилизируется в зависимости от степени сокращения. При высоких нагрузках подобная стабилизация невозможна, что приводит к недостаточной оксигенации мышечной ткани и в результате – к болевым ощущениям и повышению содержания молочной кислоты в крови.

При работе, не вызывающей утомления, сердечно – сосудистая система реагирует на длительное сокращение умеренно, но достаточно для того чтобы обеспечить адекватный локальный кровоток и энергетические потребности. При максимальном длительном мышеч-

ном сокращении изменения со стороны сердечно – сосудистой системы характеризуется выраженным повышением диастолического и систолического давления. Частота сердечных сокращений и минутный объём сердца увеличиваются умеренно, однако в большей степени, чем это необходимо для обеспечения более высокой по сравнению с состоянием покоя интенсивности мышечного обмена. Выраженное повышение кровяного давления в ответ на предельное изометрическое сокращение опосредовано сильным сердечно – сосудистым рефлексом.

### **5. Изменение показателей сердечной деятельности при различных видах физической работы**

Частотой сердечных сокращений( $f_h$ ) называется количество сокращений желудочков сердца в 1 мин. Как в состоянии мышечного покоя, так и в условиях физической нагрузки она регистрируется на электрокардиограмме, а также подсчитывается при аускультации сердца или пальпации сердечного толчка в области его верхушки.

Частота пульса – число колебаний стенки артерии в 1 мин, вызванных пульсовой волной.

В состоянии покоя частота сердечных сокращений зависит от возраста, пола, позы (вертикальное или горизонтальное положение тела). В положении стоя частота пульса больше чем лёжа. Она несколько уменьшается в пожилом возрасте.

Под влиянием тренировки на выносливость частота сердечных сокращений в покое снижается.

При мышечной нагрузке частота сердечных сокращений увеличивается. С возрастом  $f_h$  при нагрузке увеличивается меньше. В определённом диапазоне интенсивности нагрузки частота сердечных сокращений прямо зависит от нагрузки. Так, линейная взаимосвязь между этими величинами наблюдается при мощности нагрузки, соответствующей 50 – 90%  $V_{O_2 \max}$ . Эта взаимосвязь широко используется в нагрузочном тестировании. Однако у людей разного пола и возраста с различиями в физической подготовке наблюдаются большие индивидуальные колебания. При одинаковой частоте сердечных сокращений потребление кислорода у мужчин выше, чем у женщин, у физически подготовленных лиц выше, чем у людей малоподвижного образа жизни. При нагрузке средней интенсивности начальный прирост частоты сердечных сокращений более выражен. Однако вскоре  $f_h$  опять снижается и стабилизируется на уровне, соответствующем мощности работы. Стабилизация пульса у нетренированных наблюдается при нагрузках, при которых частота сердечных сокращений не превышает так называемую границу выносливости – 130 мин. При более тяжёлой работе пульс всё время продолжает учащаться, этому сопутствует снижение ударного объёма крови, повышение температуры тела, увеличение концентрации молочной кислоты, свидетельствующие о наступающем утомлении.

При максимальной нагрузке  $f_h$  продолжает нарастать вплоть до момента переутомления и прекращения работы. Регистрируемая в таком состоянии  $f_h$  обозначается как максимальная частота сердечных сокращений для данного индивидуума. Последняя при тяжёлой мышечной работе определяется возрастом и физической работоспособностью обследуемого. Максимальная частота сердечных сокращений у детей в возрасте до 10 лет достигает 210, а у лиц в 65 – летнем возрасте – только 165. При нагрузке, составляющей 50% от максимума аэробной мощности, частота сердечных сокращений у 25 – летних мужчин около 130, а у женщин 140 мин.. С увеличением нагрузки, однако, роль этих факторов уменьшается, и при максимальной нагрузке частота сердечных сокращений практически остаётся неизменной при всех условиях.

Под воздействием тренировки  $f_h$  уменьшается. У спортсменов высокой квалификации нередко наблюдается брадикардия с понижением частоты сердечных сокращений до 50, 40 и даже 30 мин. У тренированных людей максимальный пульс ниже, чем у нетренированных сверстников.

Несмотря на выраженное расширение сосудов в работающих мышцах, артериальное давление в больших артериях в начале физической нагрузки повышается. Увеличение дав-

ления продолжается 1 – 2 мин, а в дальнейшем стабилизируется на определённом уровне в зависимости от тяжести работы. После прекращения работы давление резко падает и в первые 5 – 10 с восстановленного периода может оказаться ниже исходного уровня. Позже наблюдается умеренное повышение давления с последующей нормализацией.

После достижения устойчивого состояния систолическое давление ( $P_s$ , а) пропорционально интенсивности нагрузки. При максимальных нагрузках оно может превысить 250 мм рт. Ст.

Диастолическое давление ( $P_d$ , а) при лёгкой и умеренной физической нагрузке практически не изменяется, но при тяжёлой работе может несколько увеличиться. Вследствие различий прироста  $P_s$  и  $P_d$  увеличивается также пульсовое давление (разница между систолическим и диастолическим давлением). Артериальное давление изменяется в различной степени при выполнении работы руками или ногами. При нагрузке одинаковой мощности работа руками вызывает более выраженное повышение давления. В условиях статических нагрузок наблюдается выраженная артериальная гипертензия, в то время как частота сердечных сокращений и минутный объём крови повышается мало.

При нагрузке увеличивается количество венозной крови притекающей к правым отделам сердца. Это обеспечивается сокращением работающей мускулатуры.

Под влиянием тренировки на выносливость артериальное давление в состоянии покоя понижается. В то же время при выполнении нагрузки различной мощности величина систолического артериального давления обычно выше у тренированных спортсменов.

#### **6. Изменение кровотока в мышцах и коже при физической работе**

В покое мышечный кровоток колеблется в пределах 4 – 7 мл/мин на 100 мл ткани. При сильных, ритмичных сокращениях кровотоков возрастает в 15 – 20 раз. Количество открытых капилляров в работающих мышцах может возрасть в 50 раз.

Обмен веществ в мышцах при физической нагрузке может увеличиться в 100 раз, что обеспечивается более полной экстракцией кислорода тканями из крови. Большинство органов в нормальных условиях утилизируют из крови 20 – 25% кислорода. В работающей мышце эта величина достигает иногда 80% и более. Таким образом, парциальное давление кислорода в крови, оттекающей от работающих мышц, близко к нулю. При нагрузке в неработающих мышцах обычно наблюдается сужение сосудов и уменьшение кровотока.

Состояние кожного кровотока в большой степени определяется температурой окружающей среды. В нормальных условиях общий кровоток в коже равен 400 – 500 мл/мин. При полной дилатации сосудов кожи объём кровообращения в ней может увеличиться в 7 раз, достигая 3 мл/мин. В начале физической работы кровотоки в коже уменьшаются. В дальнейшем при увеличении интенсивности нагрузки кровеносные сосуды кожи расширяются. Таким образом обеспечивается адекватная доставка энергетического материала (липидов) к работающим мышцам. В условиях нагрузки кровотоки в коже составляет около 12 – 15% от минутного объёма крови.

#### **Заключение**

Максимальное напряжение, а также максимальное время напряжения, которые способны развивать и удерживать определённая группа мышц, зависят от её локальной функциональной мощности и ёмкости. В условиях динамической работы выносливость и максимум мощности определяется эффективностью механизмов энергопродукции и их согласованностью с другими функциями организма.

Работа может быть локальной, региональной и общей (глобальной). Если количество работающих мышц не превышает 1/3 общей мышечной массы, работу обозначают как локальную. В региональной работе участвует от 1/3 до 2/3 всей мускулатуры тела. При активации 2/3 всех мышц и более работа обозначается как глобальная.

Практическое значение имеет классификация интенсивности мышечной работы в зависимости от расхода энергии. В классификации, тяжесть работы определяется в зависимости от того, насколько расход энергии, выраженный в килокалориях, превышает уровень основного обмена.

## **Тема 9. Физиологические особенности дыхательной системы при физической нагрузке**

### **План лекции**

#### **Введение**

1. Физиология дыхания
2. Газообмен и транспорт газов
3. Дыхательный центр
4. Дыхание в измененных условиях:

#### **Заключение**

#### **Цель лекции**

Ознакомить студентов с изменениями дыхательной системы при адаптации организма к физическим нагрузкам

#### **Задачи лекции**

Сформировать у студентов убеждение о необходимости контролировать работу дыхательной системы

#### **Ключевые вопросы**

1. Этапы дыхания
2. Роль бронхиального дерева в цикле дыхания
3. Строение легочной ткани
4. Кровеносные сосуды легких
5. Внешнее дыхание
6. Дыхание при физической нагрузке
7. Дыхание при гипоксии
8. Дыхание при высоком атмосферном давлении
9. Функции дыхательной системы

#### **Библиографические источники**

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1, 2- б. г.
2. Блум, Ф. Мозг, разум и поведение [Текст] : пер. с англ. / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. - М. : Мир, 1988. - 248 с.
3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.
6. Сеченов, И.М. Лекции по физиологии [Текст] / И. М. Сеченов ; сост. М. К. Кузьмин, Н. Г. Щепкин. - М. : Медицина, 1974. - 232 с.
7. Физиология человека [Текст] : в 3 т.: [учеб.] / под ред. Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. П. Г. Костюка. Т. 1, 2, 3. - 1996. - 890 с.
8. Человек: анатомия, физиология, психология [Текст] : энцикл. ил. слов. / под ред. А. С. Батуева, Е. П. Ильина, Л. В. Соколовой. - СПб. : Питер, 2007. - 672 с.

#### **Введение**

Человек и все высокоорганизованные живые существа нуждаются для своей нормальной жизнедеятельности в постоянном поступлении к тканям организма кислорода, который используется в сложном биохимическом процессе окисления питательных веществ, в результате чего выделяется энергия и образуется двуокись углерода и вода.

Дыхание – синоним и неотъемлемый признак жизни. «Пока дышу – надеюсь», утверждали древние римляне, а греки называли атмосферу «пастбищем жизни». Человек в день съедает примерно 1,24 кг пищи, выпивает 2 л воды, но вдыхает свыше 9 кг воздуха (более 10 000 л).

Дыхание – это совокупность процессов, обеспечивающих потребление организмом кислорода и выделение двуокси углерода. Дыхание осуществляет перенос O<sub>2</sub> из атмосферного воздуха к тканям организма, а в обратном направлении производит удаление CO<sub>2</sub> из организма в атмосферу.

### **1. Физиология дыхания**

Различают несколько этапов дыхания: Внешнее дыхание – обмен газов между атмосферой и альвеолами. Обмен газов между альвеолами и кровью легочных капилляров. Транспорт газов кровью – процесс переноса O<sub>2</sub> от легких к тканям и CO<sub>2</sub> от тканей – к легким. Обмен O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> между кровью капилляров и клетками тканей организма. Внутреннее, или тканевое дыхание – биологическое окисление в митохондриях клетки.

Дыхательная система человека состоит из тканей и органов, обеспечивающих легочную вентиляцию и легочное дыхание. К воздухоносным путям относятся: нос, полость носа, носоглотка, гортань, трахея, бронхи и бронхиолы. Легкие состоят из бронхиол и альвеолярных мешочков, а также из артерий, капилляров и вен легочного круга кровообращения. К элементам костно-мышечной системы, связанным с дыханием, относятся ребра, межреберные мышцы, диафрагма и вспомогательные дыхательные мышцы.

Нос и полость носа служат проводящими каналами для воздуха, в которых он нагревается, увлажняется и фильтруется. В полости носа заключены также обонятельные рецепторы.

Гортань лежит между трахеей и корнем языка. Полость гортани разделена двумя складками слизистой оболочки, не полностью сходящимися по средней линии. Пространство между этими складками - голосовая щель защищено пластинкой волокнистого хряща - надгортанником. По краям голосовой щели в слизистой оболочке лежат эластичные фиброзные связки, которые называются нижними, или истинными, голосовыми складками (связками). Над ними находятся ложные голосовые складки, которые защищают истинные голосовые складки и сохраняют их влажными; они помогают также задерживать дыхание, а при глотании препятствуют попаданию пищи в гортань. Специализированные мышцы натягивают и расслабляют истинные и ложные голосовые складки. Эти мышцы играют важную роль при фонации, а также препятствуют попаданию каких-либо частиц в дыхательные пути.

Трахея начинается у нижнего конца гортани и спускается в грудную полость, где делится на правый и левый бронхи; стенка ее образована соединительной тканью и хрящом. У большинства млекопитающих хрящи образуют неполные кольца. Части, примыкающие к пищеводу, замещены фиброзной связкой. Правый бронх обычно короче и шире левого. Войдя в легкие, главные бронхи постепенно делятся на все более мелкие трубки (бронхиолы), самые мелкие из которых конечные бронхиолы являются последним элементом воздухоносных путей. От гортани до конечных бронхиол трубки выстланы мерцательным эпителием.

В целом легкие имеют вид губчатых, пористых конусовидных образований, лежащих у обеих половинах грудной полости.

Наименьший структурный элемент легкого - долька состоит из конечной бронхиолы, ведущей в легочную бронхиолу и альвеолярный мешок. Стенки легочной бронхиолы и альвеолярного мешка образуют углубления - альвеолы. Такая структура легких увеличивает их дыхательную поверхность, которая в 50-100 раз превышает поверхность тела. Относительная величина поверхности, через которую в легких происходит газообмен, больше у животных с высокой активностью и подвижностью. Стенки альвеол состоят из одного слоя эпителиальных клеток и окружены легочными капиллярами. Внутренняя поверхность альвеолы покрыта поверхностно-активным веществом - сурфактантом. Как полагают, сурфактант является продуктом секреции гранулярных клеток. Отдельная альвеола, тесно соприкасаю-

щаяся с соседними структурами, имеет форму неправильного многогранника и приближенные размеры до 250 мкм. Принято считать, что общая поверхность альвеол, через которую осуществляется газообмен, экспоненциально зависит от веса тела. С возрастом отмечается уменьшение площади поверхности альвеол.

Каждое легкое окружено мешком - плеврой. Наружный (париетальный) листок плевры примыкает к внутренней поверхности грудной стенки и диафрагме, внутренний (висцеральный) покрывает легкое. Щель между листками называется плевральной полостью. При движении грудной клетки внутренний листок обычно легко скользит по наружному. Давление в плевральной полости всегда меньше атмосферного (отрицательное). Межплевральное пространство между легкими называется средостением; в нем находятся трахея, зобная железа (тимус) и сердце с большими сосудами, лимфатические узлы и пищевод.

### **Кровеносные сосуды легких**

Легочная артерия несет кровь от правого желудочка сердца, она делится на правую и левую ветви, которые направляются к легким. Эти артерии ветвятся, следуя за бронхами, снабжают крупные структуры легкого и образуют капилляры, оплетающие стенки альвеол.

Воздух в альвеоле отделен от крови в капилляре 1) стенкой альвеолы, 2) стенкой капилляра и в некоторых случаях 3) промежуточным слоем между ними. Из капилляров кровь поступает в мелкие вены, которые в конце концов соединяются и образуют легочные вены, доставляющие кровь в левое предсердие.

Бронхиальные артерии большого круга тоже приносят кровь к легким, а именно снабжают бронхи и бронхиолы, лимфатические узлы, стенки кровеносных сосудов и плевру. Большая часть этой крови оттекает в бронхиальные вены, а оттуда — в непарную (справа) и в полунепарную (слева). Очень небольшое количество артериальной бронхиальной крови поступает в легочные вены.

### **Состав и свойства дыхательных сред**

Дыхательной средой для человека является атмосферный воздух, состав которого отличается постоянством. В 1 л сухого воздуха содержится 780 мл азота, 210 мл кислорода и 0,3 мл двуокиси углерода. Остальные 10 мл приходятся на инертные газы – аргон, неон, гелий, криптон, ксенон и водород. На уровне моря нормальное атмосферное давление составляет 760 мм рт ст. Согласно закону Дальтона эта величина складывается из парциальных давлений всех газов, входящих в состав воздуха. Атмосферный воздух содержит также пары воды. В умеренном климате при температуре 22°C парциальное давление водяного пара в воздухе составляет 20 мм рт ст. Парциальное давление водяного пара, уравновешенного в легких с кровью при атмосферном давлении 760 мм рт ст и температуре тела 37°C, составляет 47 мм рт ст. Учитывая, что давление водяных паров в организме выше, чем в окружающей среде, в процессе дыхания организм теряет воду.

### **Внешнее дыхание**

Внешнее дыхание осуществляется благодаря изменениям объема грудной клетки и сопутствующим изменениям объема легких. Во время вдоха объем грудной клетки увеличивается, а во время выдоха – уменьшается. В дыхательных движениях участвуют:

1. Дыхательные пути, которые по своим свойствам являются слегка растяжимыми, сжимаемыми и создают поток воздуха. Дыхательная система состоит из тканей и органов, обеспечивающих легочную вентиляцию и легочное дыхание (воздухоносные пути, легкие и элементы костно-мышечной системы). Установлено, что дыхательные пути от трахеи до концевых дыхательных единиц (альвеол) ветвятся (раздваиваются) 23 раза. Первые 16 «поколений» дыхательных путей - бронхи и бронхиолы выполняют проводящую функцию. «Поколения» 17-22 – респираторные бронхиолы и альвеолярные ходы, составляют переходную (транзиторную) зону, и только 23-е «поколение» является дыхательной респираторной зоной и целиком состоит из альвеолярных мешочков с альвеолами. Общая площадь поперечного сечения дыхательных путей по мере ветвления возрастает более чем в 4,5

тысячи раз. Правый бронх обычно короче и шире левого.

2. Эластическая и растяжимая легочная ткань. Респираторный отдел представлен альвеолами. В легких имеется три типа альвеолоцитов (пневмоцитов), выполняющих разную функцию. Альвеолоциты второго типа осуществляют синтез липидов и фосфолипидов легочного сурфактанта. Общая площадь альвеол у взрослого человека достигает 80-90 м<sup>2</sup>, т.е. примерно в 50 раз превышает поверхность тела человека.

3. Грудная клетка, состоящая из пассивной костно-хрящевой основы, которая соединена соединительными связками и дыхательными мышцами, осуществляющими поднятие и опускание ребер и движения купола диафрагмы. За счет большого количества эластической ткани легкие, обладая значительной растяжимостью и эластичностью, пассивно следуют за всеми изменениями конфигурации и объема грудной клетки. Чем больше разность между давлением воздуха внутри и снаружи легкого, тем больше они будут растягиваться

#### **Дыхательные мышцы.**

Дыхательные мышцы - это те мышцы, сокращения которых изменяют объем грудной клетки. Мышцы, направляющиеся от головы, шеи, рук и некоторых верхних грудных и нижних шейных позвонков, а также наружные межреберные мышцы, соединяющие ребро с ребром, приподнимают ребра и увеличивают объем грудной клетки. Диафрагма — мышечно-сухожильная пластина, прикрепленная к позвонкам, ребрам и грудице, отделяет грудную полость от брюшной. Это главная мышца, участвующая в нормальном вдохе. При усиленном вдохе сокращаются дополнительные группы мышц. При усиленном выдохе действуют мышцы, прикрепленные между ребрами (внутренние межреберные мышцы), к ребрам и нижним грудным и верхним поясничным позвонкам, а также мышцы брюшной полости; они опускают ребра и прижимают брюшные органы к расслабившейся диафрагме, уменьшая таким образом емкость грудной клетки.

Существуют два механизма, вызывающие изменение объема грудной клетки: поднятие и опускание ребер и движения купола диафрагмы. Дыхательные мышцы подразделяются на инспираторные и экспираторные. Инспираторными мышцами являются диафрагма, наружные межреберные и межхрящевые мышцы. При спокойном дыхании объем грудной клетки изменяется в основном за счет сокращения диафрагмы и перемещения ее купола всего на 1 см соответствует увеличению емкости грудной полости примерно на 200 – 300 мл. При глубоком форсированном дыхании участвуют дополнительные мышцы вдоха: трапециевидные, передние лестничные и грудино-ключично-сосцевидные мышцы. Они включаются в активный процесс дыхания при значительных величинах легочной вентиляции, например, при восхождении альпинистов на большие высоты или при дыхательной недостаточности, когда в процесс дыхания вступают почти все мышцы туловища.

Экспираторными мышцами являются внутренние межреберные и мышцы брюшной стенки, или мышцы живота. Каждое ребро способно вращаться вокруг оси, проходящей через две точки подвижного соединения с телом и поперечным отростком соответствующего позвонка.

Верхние отделы грудной клетки на вдохе расширяются преимущественно в переднезаднем направлении, а нижние отделы больше расширяются в боковых направлениях, так как ось вращения нижних ребер занимает сагиттальное положение.

В фазу вдоха наружные межреберные мышцы, сокращаясь, поднимают ребра, а в фазу выдоха ребра опускаются благодаря активности внутренних межреберных мышц.

При обычном спокойном дыхании выдох осуществляется пассивно, поскольку грудная клетка и легкие спадаются – стремятся занять после вдоха то положение, из которого они были выведены сокращением дыхательных мышц. Однако при кашле, рвоте, натуживании мышцы выдоха активны.

При спокойном вдохе увеличение объема грудной клетки составляет примерно 500-600 мл. Движение диафрагмы во время дыхания обуславливает до 80% вентиляции легких. У спортсменов высокой квалификации во время глубокого дыхания купол диафрагмы может смещаться до 10-12 см.

Расслабление всех связанных с дыханием мышц придает грудной клетке положение пассивного выдоха. Соответствующая мышечная активность может перевести это положение во вдох или же усилить выдох.

Вдох создается расширением грудной полости и всегда является активным процессом. Благодаря своему сочленению с позвонками ребра движутся вверх и наружу, увеличивая расстояние от позвоночника до грудины, а также боковые размеры грудной полости (реберный или грудной тип дыхания). Сокращение диафрагмы меняет ее форму из куполообразной в более плоскую, что увеличивает размеры грудной полости в продольном направлении (диафрагмальный или брюшной тип дыхания). Обычно главную роль во вдохе играет диафрагмальное дыхание. Поскольку люди-существа двуногие, при каждом движении ребер и грудины меняется центр тяжести тела и возникает необходимость приспособить к этому разные мышцы.

При спокойном дыхании у человека обычно достаточно эластических свойств и веса переместившихся тканей, чтобы вернуть их в положение, предшествующее вдоху. Таким образом, выдох в покое происходит пассивно вследствие постепенного снижения активности мышц, создающих условие для вдоха. Активный выдох может возникнуть вследствие сокращения внутренних межреберных мышц в дополнение к другим мышечным группам, которые опускают ребра, уменьшают поперечные размеры грудной полости и расстояние между грудиной и позвоночником. Активный выдох может также произойти вследствие сокращения брюшных мышц, которое прижимает внутренности к расслабленной диафрагме и уменьшает продольный размер грудной полости.

Расширение легкого снижает (на время) общее внутрилегочное (альвеолярное) давление. Оно равно атмосферному, когда воздух не движется, а голосовая щель открыта. Оно ниже атмосферного, пока легкие не наполнятся при вдохе, и выше атмосферного при выдохе. Внутриплевральное давление тоже меняется на протяжении дыхательного движения; но оно всегда ниже атмосферного (т.е. всегда отрицательное).

#### **Вентиляция и легочные объемы.**

Величина легочной вентиляции определяется глубиной дыхания и частотой дыхательных движений. Количественной характеристикой легочной вентиляции служит минутный объем дыхания (МОД) – объем воздуха, проходящий через легкие за 1 минуту. В покое частота дыхательных движений человека составляет примерно 16 в 1 минуту, а объем выдыхаемого воздуха – около 500 мл. Умножив частоту дыхания в 1 минуту на величину дыхательного объема, получим МОД, который у человека в покое составляет в среднем 8 л/мин.

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – объем воздуха, который проходит через легкие за 1 минуту во время максимальных по частоте и глубине дыхательных движений, Максимальная вентиляция возникает во время интенсивной работы, при недостатке содержания  $O_2$  (гипоксия) и избытке  $CO_2$  (гиперкапния) во вдыхаемом воздухе. В этих условиях МОД может достигать 150 – 200 л в 1 минуту.

Объем воздуха в легких и дыхательных путях зависит от конституционально-антропологических и возрастных характеристик человека, свойств легочной ткани, поверхностного натяжения альвеол, а также силы, развиваемой дыхательными мышцами.

Для оценки вентиляционной функции легких, состояния дыхательных путей, изучения паттерна (рисунка) дыхания применяются различные методы исследования: пневмография, спирометрия, спирография, пневмоскрин. С помощью спирографа можно определить и записать величины легочных объемов воздуха, проходящих через воздухоносные пути человека.

При спокойном вдохе и выдохе через легкие проходит сравнительно небольшой объем воздуха. Это дыхательный объем (ДО), который у взрослого человека составляет примерно 500 мл. При этом акт вдоха проходит несколько быстрее, чем акт выдоха. Обычно за 1 минуту совершается 12-16 дыхательных циклов. Такой тип дыхания обычно называется «эйпноэ» или «хорошее дыхание».

При форсированном (глубоком) вдохе человек может дополнительно вдохнуть еще определенный объем воздуха. Этот резервный объем вдоха (Ровд) – максимальный объем воздуха,

который способен вдохнуть человек после спокойного вдоха. Величина резервного объема вдоха составляет у взрослого человека примерно 1,8-2,0 л.

После спокойного выдоха человек может при форсированном выдохе дополнительно выдохнуть еще определенный объем воздуха. Это резервный объем выдоха (Ровыд), величина которого составляет в среднем 1,2 -1,4 л.

Объем воздуха, который остается в легких после максимального выдоха и в легких мертвого человека, - остаточный объем легких (ОО). Величина остаточного объема составляет 1,2 -1,5 л. У аборигенов высокогорья из-за бочкообразной грудной клетки сохраняются более высокие величины этого показателя, благодаря чему удается сохранить в организме необходимое содержание  $\text{CO}_2$ , достаточное для регуляции дыхания в этих условиях. Различают следующие емкости легких:

1. общая емкость легких (ОЕЛ) – объем воздуха, находящегося в легких после максимального вдоха – все четыре объема;
2. жизненная емкость легких (ЖЕЛ) включает в себя дыхательный объем, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха. ЖЕЛ – это объем воздуха, выдохнутого из легких после максимального вдоха при максимальном выдохе. ЖЕЛ = ОЕЛ – остаточный объем легких. ЖЕЛ составляет у мужчин 3,5 – 5,0 л, у женщин – 3,0-4,0л;
3. емкость вдоха (Ед.) равна сумме дыхательного объема и резервного объема вдоха, составляет в среднем 2,0 – 2,5 л;
4. функциональная остаточная емкость (ФОЕ) – объем воздуха в легких после спокойного выдоха. В легких при спокойном вдохе и выдохе постоянно содержится примерно 2500 мл воздуха, заполняющего альвеолы и нижние дыхательные пути. Благодаря этому газовый состав альвеолярного воздуха сохраняется на постоянном уровне.

Исследование легочных объемов и ёмкостей как важнейших показателей функционального состояния легких имеет большое медико-физиологическое значение не только для диагностики заболеваний (ателектаз, рубцовые изменения легких, поражения плевры), но и для экологического мониторинга местности и оценки состояния функции дыхания популяции в экологически неблагополучных зонах,

Для сопоставимости результатов измерений газовых объемов и емкостей материалы исследований должны быть приведены к стандартному состоянию ВТРС, т.е. соотноситься с условиями в легких, где температура альвеолярного воздуха соответствует температуре тела, кроме того, воздух находится при определенном давлении и насыщен водяными парами.

Воздух, находящийся в воздухоносных путях, не участвует в газообмене, и поэтому пространство воздухоносных путей называют вредным или мертвым дыхательным пространством. Во время спокойного вдоха объемом 500 мл в альвеолы поступает только 350 мл вдыхаемого атмосферного воздуха. Остальные 150 мл задерживаются в анатомическом мертвом пространстве. Составляя в среднем треть дыхательного объема, мертвое пространство снижает на эту величину эффективность альвеолярной вентиляции при спокойном дыхании. В тех случаях, когда при выполнении физической работы дыхательный объем увеличивается в несколько раз, объем анатомического мертвого пространства практически не влияет на эффективность альвеолярной вентиляции.

При некоторых патологических состояниях – при анемии, легочной эмболии или эмфиземе могут возникать очаги – зоны альвеолярного мертвого пространства. В подобных зонах легких не происходит газообмена.

## **2. Газообмен и транспорт газов**

Газообмен  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  через альвеолярно-капиллярную мембрану происходит с помощью диффузии, которая осуществляется в два этапа. На первом этапе диффузионный перенос газов происходит через аэрогематический барьер, на втором – происходит связывание газов в крови легочных капилляров, объем которой оставляет 80-150 мл при толщине слоя крови в капиллярах всего 5-8 мкм. Плазма крови практически не препятствует диффузии газов, в отличие от мембраны эритроцитов.

Структура легких создает благоприятные условия для газообмена: дыхательная зона каждого легкого содержит около 300 млн. альвеол и примерно такое же число капилляров, имеет площадь 40-140 м<sup>2</sup>, при толщине аэрогематического барьера всего 0,3-1,2 мкм.

Особенности диффузии газов количественно характеризуются через диффузионную способность легких. Для O<sub>2</sub> диффузионная способность легких – это объем газа, переносимого из альвеол в кровь в 1 минуту при градиенте альвеолярно-капиллярного давления газа, равном 1 мм рт.ст.

Движение газов происходит в результате разницы парциальных давлений. Парциальное давление – это та часть давления, которую составляет данный газ из общей смеси газов. Пониженное давление O<sub>2</sub> в ткани способствует движению кислорода к ней. Для CO<sub>2</sub> градиент давления направлен в обратную сторону, и CO<sub>2</sub> с выдыхаемым воздухом уходит в окружающую среду. Изучение физиологии дыхания фактически сводится к изучению этих градиентов и того, как они поддерживаются.

Градиент парциального давления кислорода и углекислого газа это сила, с которой молекулы этих газов стремятся проникнуть через альвеолярную мембрану в кровь. Парциальное напряжение газа в крови или тканях – это сила, с которой молекулы растворимого газа стремятся выйти в газовую среду.

В артериальной крови парциальное напряжение кислорода достигает почти 100 мм рт.ст., в венозной крови – около 40 мм рт.ст., а в тканевой жидкости, в клетках -10-15 мм рт.ст. Напряжение углекислого газа в артериальной крови составляет около 40 мм рт.ст., в венозной – 46 мм рт.ст., а в тканях – до 60 мм рт.ст.

Газы в крови находятся в двух состояниях: физически растворенном и химически связанном. Растворение происходит в соответствии с законом Генри, согласно которому количество газа, растворенного в жидкости, прямо пропорционально парциальному давлению этого газа над жидкостью. На каждую единицу парциального давления в 100 мм рт.ст. крови растворяется 0,003 мл O<sub>2</sub> или 3 мл/л крови.

Каждый газ имеет свой коэффициент растворимости. При температуре тела растворимость CO<sub>2</sub> в 25 раз больше, чем O<sub>2</sub>. Из-за хорошей растворимости углекислоты в крови и тканях CO<sub>2</sub> переносится в 20 раз легче, чем O<sub>2</sub>.

Под кислородной емкостью крови понимают количество O<sub>2</sub> которое связывается кровью до полного насыщения гемоглобина. Изменение концентрации гемоглобина в крови, например, при анемиях, отравлениях ядами изменяет ее кислородную емкость. При рождении в крови у человека более высокие значения кислородной емкости и концентрации гемоглобина. Насыщение крови кислородом выражает отношение количества связанного кислорода к кислородной емкости крови, т.е. под насыщением крови O<sub>2</sub> подразумевается процент оксигемоглобина по отношению к имеющемуся в крови гемоглобину. В обычных условиях, насыщение O<sub>2</sub> составляет 95-97%. При дыхании чистым кислородом насыщение крови O<sub>2</sub> достигает 100%, а при дыхании газовой смесью с низким содержанием кислорода процент насыщения падает. При 60-65% наступает потеря сознания.

Углекислый газ в крови находится в трех фракциях: физически растворенный, химически связанный в виде бикарбонатов и химически связанный с гемоглобином в виде карбогемоглобина. В венозной крови углекислого газа содержится всего 580 мл. При этом на долю физически растворенного газа приходится 25 мл, на долю карбогемоглобина – около 45 мл, на долю бикарбонатов – 510 мл (бикарбонатов плазмы – 340 мл, эритроцитов -170 мл). В артериальной крови содержание угольной кислоты меньше.

От парциального напряжения физически растворенного углекислого газа зависит процесс связывания CO<sub>2</sub> кровью. Углекислота поступает в эритроцит, где имеется фермент карбоангидраза, который может в 10 000 раз увеличить скорость образования угольной кислоты. Пройдя через эритроцит, угольная кислота превращается в бикарбонат и переносится к легким.

Эритроциты переносят в 3 раза больше CO<sub>2</sub> чем плазма. Белки плазмы составляют 8 г на 100 см<sup>3</sup> крови, гемоглобина же содержится в крови 15 г на 100 см<sup>3</sup>. Большая часть CO<sub>2</sub> транс-

портируется в организме в связанном состоянии в виде гидрокарбонатов и карбаминовых соединений, что увеличивает время обмена CO<sub>2</sub>.

Кроме физически растворенного в плазме крови молекулярного CO<sub>2</sub> из крови в альвеолы легких диффундирует CO<sub>2</sub> который высвобождается из карбаминовых соединений эритроцитов благодаря реакции окисления гемоглобина в капиллярах легкого, а также из гидрокарбонатов плазмы крови в результате их быстрой диссоциации с помощью содержащегося в эритроцитах фермента карбоангидразы. Этот фермент в плазме отсутствует. Бикарбонаты плазмы для освобождения CO<sub>2</sub> должны сначала проникнуть в эритроциты, чтобы подвергнуться действию карбоангидразы. В плазме находится бикарбонат натрия, а в эритроцитах – бикарбонат калия. Мембрана эритроцитов хорошо проницаема для CO<sub>2</sub>, поэтому часть CO<sub>2</sub> быстро диффундирует из плазмы внутрь эритроцитов. Наибольшее количество бикарбонатов плазмы крови образуется при участии карбоангидразы эритроцитов.

Следует отметить, что процесс выведения CO<sub>2</sub> из крови в альвеолы легкого менее лимитирован, чем оксигенация крови, так как молекулярный CO<sub>2</sub> легче проникает через биологические мембраны, чем O<sub>2</sub>.

Различные яды, ограничивающие транспорт O<sub>2</sub>, такие как CO, нитриты, ферроцианиды и многие другие, практически не действуют на транспорт CO<sub>2</sub>. Блокаторы карбоангидразы также никогда полностью не нарушают образование молекулярного CO<sub>2</sub>. И наконец, ткани обладают большой буферной емкостью, но не защищены от дефицита O<sub>2</sub>. Выведение CO<sub>2</sub> легкими может нарушиться при значительном уменьшении легочной вентиляции (гиповентиляции) в результате заболевания легких, дыхательных путей, интоксикации или нарушении регуляции дыхания. Задержка CO<sub>2</sub> приводит к дыхательному ацидозу – уменьшению концентрации бикарбонатов, сдвигу pH крови в кислую сторону. Избыточное выведение CO<sub>2</sub> при гипервентиляции во время интенсивной мышечной работы, при восхождении на большие высоты может вызвать дыхательный алкалоз, сдвиг pH крови в щелочную сторону.

### **3. Дыхательный центр**

В соответствии с метаболическими потребностями дыхательная система обеспечивает газообмен O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> между окружающей средой и организмом. Эту жизненно важную функцию регулирует сеть многочисленных взаимосвязанных нейронов ЦНС, расположенных в нескольких отделах мозга и объединяемых в комплексное понятие «дыхательный центр». При воздействии на его структуры нервных и гуморальных стимулов происходит приспособление функции дыхания к меняющимся условиям внешней среды. Структуры, необходимые для возникновения дыхательного ритма, впервые были обнаружены в продолговатом мозге. Перерезка продолговатого мозга в области дна IV желудочка приводит к прекращению дыхания. Поэтому под главным дыхательным центром понимают совокупность нейронов специфических дыхательных ядер продолговатого мозга.

Дыхательный центр управляет двумя основными функциями: двигательной, которая проявляется в виде сокращения дыхательных мышц, и гомеостатической, связанной с поддержанием постоянства внутренней среды организма при сдвигах в ней содержания O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>. Двигательная, или моторная, функция дыхательного центра заключается в генерации дыхательного ритма и его паттерна. Благодаря этой функции осуществляется интеграция дыхания с другими функциями. Под паттерном дыхания следует иметь в виду длительность вдоха и выдоха, величину дыхательного объема, минутного объема дыхания. Гомеостатическая функция дыхательного центра поддерживает стабильные величины дыхательных газов в крови и внеклеточной жидкости мозга, адаптирует дыхательную функцию к условиям измененной газовой среды и другим факторам среды обитания.

### **4. Дыхание в измененных условиях:**

В различных условиях среды обитания системы нейрогуморальной регуляции дыхания и кровообращения функционируют в тесном взаимодействии как единая кардиореспираторная система. Особенно четко это проявляется при интенсивной физической нагрузке и в условиях гипоксии – недостаточном снабжении организма кислородом. В процессе жизнедеятельности в организме возникают различные виды гипоксии, имеющие эндогенную и экзогенную природу.

Во время выполнения физической работы мышцам необходимо большое количество кислорода. Потребление  $O_2$  и продукция  $CO_2$  возрастают при физической нагрузке в среднем в 15 – 20 раз. Обеспечение организма кислородом достигается сочетанным усилением функции дыхания и кровообращения. Уже в начале мышечной работы вентиляция легких быстро увеличивается.

В возникновении гиперпноэ в начале физической работы периферические и центральные хеморецепторы как важнейшие чувствительные структуры дыхательного центра еще не участвуют. Уровень вентиляции в этот период регулируется сигналами, поступающими к дыхательному центру главным образом из гипоталамуса, лимбической системы и двигательной зоны коры большого мозга, а также раздражением проприорецепторов работающих мышц. По мере продолжения работы к нейрогенным стимулам присоединяются гуморальные воздействия, вызывающие дополнительный прирост вентиляции. При тяжелой физической работе на уровень вентиляции оказывают влияние также повышение температуры, артериальная двигательная гипоксия и другие лимитирующие факторы.

Таким образом, наблюдаемые при физической работе изменения дыхания обеспечиваются сложным комплексом нервных и гуморальных механизмов. Однако из-за индивидуально лимитирующих факторов биомеханики дыхания, особенностей экпортрета человека, не всегда удается при выполнении одной и той же нагрузки полностью объяснить точное соответствие вентиляции легких уровню метаболизма в мышцах.

Гипоксией (кислородной недостаточностью) называется состояние, наступающее в организме при неадекватном снабжении тканей и органов кислородом или при нарушении утилизации в них кислорода в процессе биологического окисления. Исходя из этого достаточно точного определения гипоксии, все гипоксические состояния целесообразно разделить на экзогенные и эндогенные.

Экзогенная гипоксия развивается в результате действия измененных (в сравнении с обычными) факторов внешней среды.

Эндогенная гипоксия возникает при различных физиологических и патологических изменениях в различных функциональных системах организма.

Реакция внешнего дыхания на гипоксию зависит от продолжительности и скорости нарастания гипоксического воздействия, степени потребления кислорода (покой и физическая нагрузка), индивидуальных особенностей организма и совокупности генетически обусловленных свойств и наследственных морфофункциональных признаков (экспортрет коренных жителей высокогорья и популяции различных этнических групп).

Наблюдаемая в условиях кислородной недостаточности первоначальная гипоксическая стимуляция дыхания приводит к вымыванию углекислоты из крови и развитию дыхательного алкалоза. Гипоксия сочетается с гипокапнией. В свою очередь, это способствует увеличению рН внеклеточной жидкости мозга. Центральные хеморецепторы реагируют на подобный сдвиг рН в цереброспинальной жидкости мозга резким снижением своей активности. Это вызывает настолько существенное торможение нейронов дыхательного центра, что он становится нечувствительным к стимулам, исходящим от периферических хеморецепторов. Наступает своеобразная гипоксическая «глухота». Несмотря на сохраняющуюся гипоксию, постепенно гиперпноэ сменяется произвольной гиповентиляцией, что в определенной мере способствует также сохранению физиологически необходимого количества углекислоты.

Реакция на гипоксию у коренных жителей высокогорья и у горных животных практически отсутствует, и, по мнению многих авторов, у жителей равнин гипоксическая реакция также исчезает после продолжительной (не менее 3-5 лет) их адаптации к условиям высокогорья.

Основными факторами долговременной акклиматизации к условиям высокогорья являются; повышение содержания углекислоты и понижение содержания кислорода в крови на фоне снижения чувствительности периферических хеморецепторов к гипоксии, увеличения плотности капилляров и относительно высокого уровня утилизации тканями  $O_2$  из крови. У горцев также возрастают диффузионная способность легких и кислородная емкость крови за счет роста концентрации гемоглобина. Одним из механизмов, позволяющих горцам в условиях гипоксии повы-

сдать отдачу кислорода тканям и сохранить углекислоту, является способность повышенного образования у них метаболита глюкозы – 2,3 дифосфоглицерата. Этот метаболит снижает сродство гемоглобина к кислороду.

Предметом интенсивных физиологических исследований как в эксперименте, так и в различных природно-климатических и производственных условиях является изучение функционального взаимодействия систем регуляции дыхания и кровообращения. Обе системы имеют общие рефлексогенные зоны в сосудах, которые посылают афферентные сигналы к специализированным нейронам основного чувствительного ядра продолговатого мозга – ядра одиночного пучка. Здесь же в непосредственной близости находятся дорсальное ядро дыхательного центра и сосудодвигательный центр. Особо следует отметить, что легкие являются единственным органом, куда поступает весь минутный объем крови. Это обеспечивает не только газотранспортную функцию, но и роль своеобразного фильтра, который определяет состав биологически активных веществ в крови и их метаболизм.

**Дыхание при высоком атмосферном давлении.** Во время водолазных и кессонных работ человек находится под давлением выше атмосферного на 1 атм. На каждые 10 м погружения. В этих условиях увеличивается количество газов, растворенных в крови, и особенно азота. При быстром подъеме водолаза на поверхность физически растворенные в крови и тканях газы не успевают выделиться из организма и образуют пузырьки – кровь «закипает». Кислород и углекислый газ быстро связываются кровью и тканями. Особую опасность представляют пузырьки азота, которые разносятся кровью и закупоривают мелкие сосуды (газовая эмболия), что сопровождается тяжелыми повреждениями ЦНС, органов зрения, слуха, сильными болями в мышцах и в области суставов, потерей сознания. Такое состояние, возникающее при быстрой декомпрессии, называется кессонной болезнью. Пострадавшего необходимо вновь поместить в среду с высоким давлением, а затем постепенно производить декомпрессию.

Вероятность возникновения кессонной болезни может быть значительно снижена при дыхании специальными газовыми смесями, например гелиево-кислородной. Гелий почти нерастворим в крови, он быстрее диффундирует из тканей.

#### **Патологические типы дыхания**

Паттерн дыхания существенно меняется при нарушении функции структур мозга, участвующих в регуляции процесса дыхания, а также в условиях гипоксии, гиперкапнии и при их сочетании

Различают несколько типов патологического дыхания.

Гаспинг, или терминальное редкое дыхание, которое проявляется судорожными вдохами-выдохами. Оно возникает при резкой гипоксии мозга или в период агонии.

Атактическое дыхание, т.е. неравномерное, хаотическое, нерегулярное дыхание. Наблюдается при сохранении дыхательных нейронов продолговатого мозга, но при нарушении связи с дыхательными нейронами варолиева моста.

Апнейстическое дыхание. Апнейзис – нарушение процесса смены вдоха на выдох: длительный вдох, короткий выдох и снова – длительный вдох.

Дыхание типа Чейна-Стокса: постепенно возрастает амплитуда дыхательных движений, потом сходит на нет и после паузы (апноэ) вновь постепенно возрастает. Возникает при нарушении работы дыхательных нейронов продолговатого мозга, часто наблюдается во время сна, а также при гипокапнии.

Дыхание Биота проявляется в том, что между нормальными дыхательными циклами «вдох-выдох» возникают длительные паузы – до 30 с. Такое дыхание развивается при повреждении дыхательных нейронов варолиева моста, но может появиться в горных условиях во время сна в период адаптации.

При дыхательной апраксии больной не способен произвольно менять ритм и глубину дыхания, но обычный паттерн дыхания у него не нарушен. Это наблюдается при поражении нейронов лобных долей мозга.

При нейрогенной гипервентиляции дыхание частое и глубокое. Возникает при стрессе, физической работе, а также при нарушениях структур среднего мозга.

Все виды паттернов дыхания, в том числе и патологические, возникают при изменении работы дыхательных нейронов продолговатого мозга и варолиева моста. Наряду с этим могут развиваться вторичные изменения дыхания, связанные с различной патологией или воздействием на организм экстремальных факторов внешней среды. Например, застой крови в малом круге кровообращения, гипертензия малого круга или амнезия вызывают учащение дыхания (тахипноэ). Дыхание типа Чейна-Стокса часто развивается при сердечной недостаточности. Метаболический ацидоз, как правило, вызывает брадипноэ.

#### **Заключение**

Функции дыхательной системы в целом. 1. Воздухопроводение и регуляция поступление воздуха. 2. Воздухоносные пути идеальный кондиционер вдыхаемого воздуха: · механическая очистка · увлажнение · согревание. 3. Внешнее дыхание, то есть насыщение крови кислородом, удаление углекислого газа. 4. Эндокринная функция наличие клеток ДЭС (диффузно эндокринная система), которые обеспечивают местную регуляцию функций дыхательной системы, приспособление кровотока к вентиляции легких. 5. Защитная функция. Осуществление неспецифических (фагоцитоз) и специфических (иммунитет) защитных механизмов. Специфический механизм - здесь проходят свою антиген-зависимую стадию (при встрече с антигеном) лимфоциты и разворачиваются иммунные реакции клеточного и гуморального иммунитета. 6. Фильтрационная функция. В мелких сосудах легких задерживаются и рассасываются тромбы, инородные частицы. 7. Депонирующая функция. Депо крови, лимфоцитов, гранулоцитов. 8. Водный обмен, обмен липидов.

### **3. Методические указания (рекомендации) для преподавателя. Темы практических занятий:**

Тема 1-2. Строение нейрона и химического синапса

Тема 3-4. Центральная и вегетативная нервная системы. Органы чувств

Тема 5-6 Внутренняя среда организма.

Тема 7-8. Физиология желез внутренней секреции.

Тема 9-10. Физиология кровообращения.

Тема 11 – 12. Физиология дыхания.

Тема 13-14. Физиология пищеварительной и выделительной систем.

Тема 15-18. Обмен веществ, энергии и процессы терморегуляции организма.

### **4. Методические указания (рекомендации) для студентов к практическим занятиям**

#### **Практическое занятие № 1-2**

#### **Строение нейрона и химического синапса**

1. Зарисовать в рабочую тетрадь схемы униполярного, биполярного и мультиполярного нейронов с описанием их строения.

2. Зарисовать в рабочую тетрадь схему строения аксона нейрона. Дать описание строения аксона.

3. Зарисовать в рабочую тетрадь схему строения химического синапса и записать механизм передачи импульса.

4. Дать характеристику медиаторов ацетилхолина и норадреналина, объяснить механизм их действия.

#### **Литература**

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1. - б. г.

2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

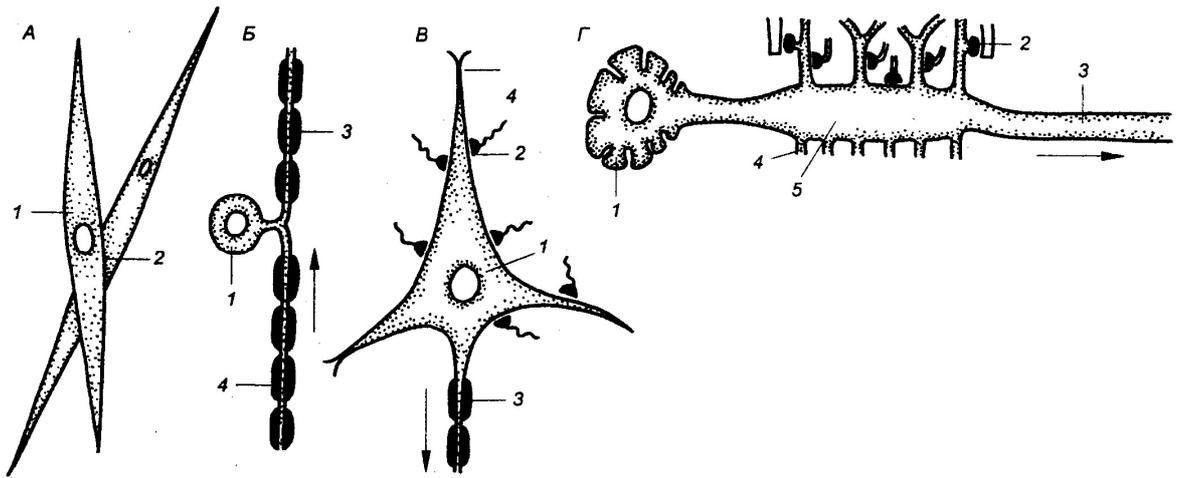


Рис. 1. Основные типы строения нейронов

А — веретенообразный (кишечнополостные);

Б — псевдоуниполярный (сенсорный нейрон позвоночных); В — мультиполярный (позвоночные); Г — типичный нейрон центральной нервной системы беспозвоночных: 1 — сома, 2 — синапс, 3 — аксон, 4 — дендрит, 5 — центральный отросток. Стрелками обозначено направление распространения возбуждения.

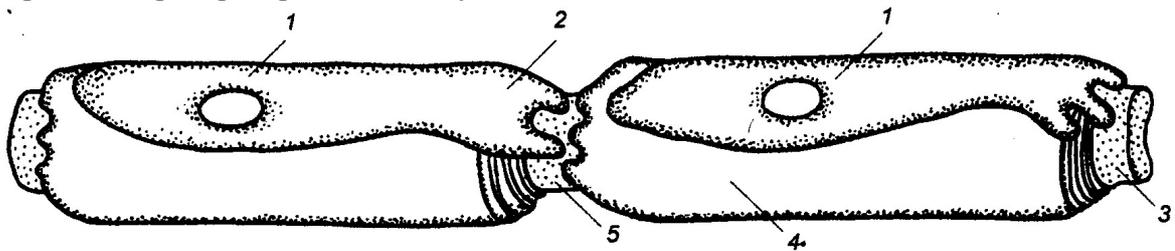


Рис. 3. Схема химической синаптической передачи

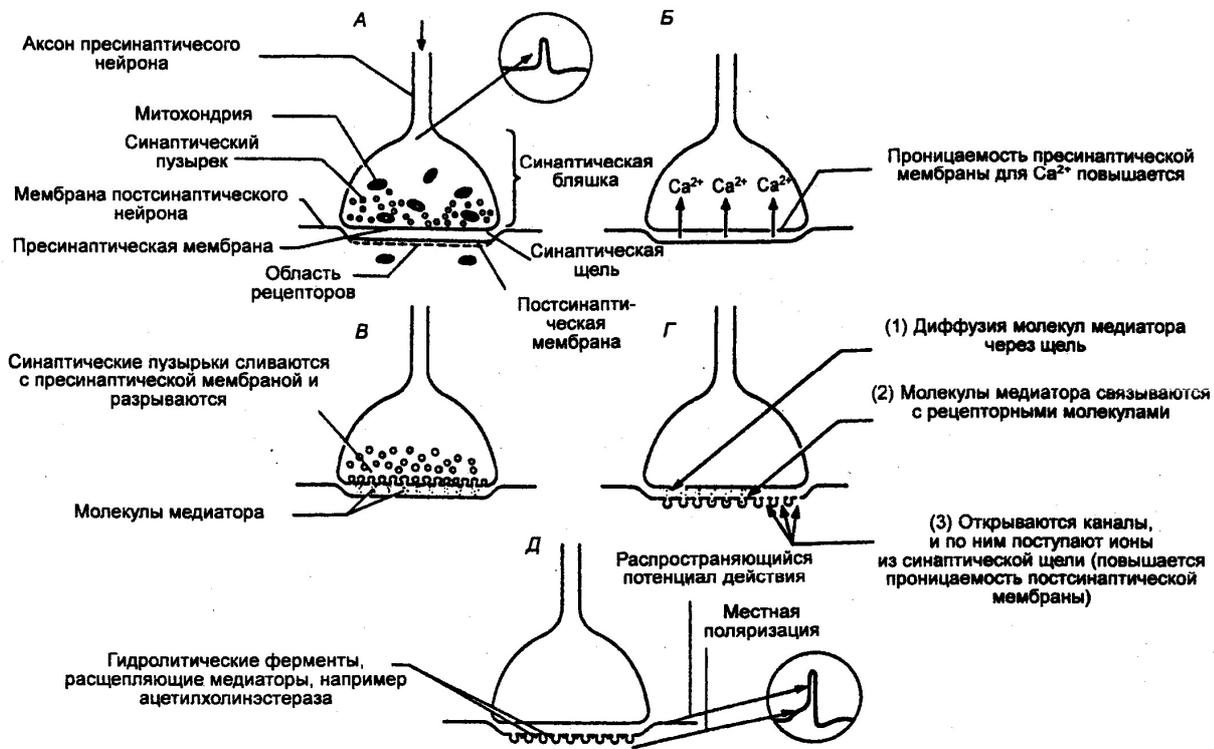


Рис. 4. Механизм химической передачи импульсов в межнейронном синапсе от А до Д - последовательные этапы процесса.

Некоторые известные и предполагаемые нейромедиаторы и нейромодуляторы

Вещество	Место приложения	Действие	Функция
Ацетилхолин	Скелетные мышцы позвоночных; нервно—мышечное соединение	Возбуждающее	Установлена
	Вегетативная нервная система: преганглионарные симпатические нейроны; пре— и постганглионарные парасимпатические нейроны	Возбуждающее или тормозное	Установлена
	ЦНС позвоночных	Возбуждающее	Установлена
Норадреналин	Большинство постганглионарных симпатических нейронов; ЦНС	Возбуждающее или тормозное	Установлена
Глутаминовая кислота	ЦНС	Возбуждающее	Возможно
Аспарагиновая кислота	Сетчатка позвоночных		Возможно
γ-Аминомасляная кислота (ГАМК)	ЦНС	Тормозное	Установлена
Серотонин (5-гидрокситриптамин)	ЦНС позвоночных и беспозвоночных		Установлена
Дофамин	ЦНС		Установлена
Субстанция Р	ЦНС	Тормозное модулирующее	Установлена
Различные пептиды	ЦНС позвоночных и беспозвоночных;	Разное	Установлена

## Практическое занятие № 3-4

### Сенсорные системы

6. Зарисовать схему слуховой сенсорной системы.
7. Зарисовать схему вкусовых рецепторов.
8. Зарисовать схему палочек и колбочек.
9. Зарисовать схему строения сетчатки глаза.
10. В заданиях 1-4 пояснить принцип действия сенсорных систем, записать ответы.

### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.
2. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

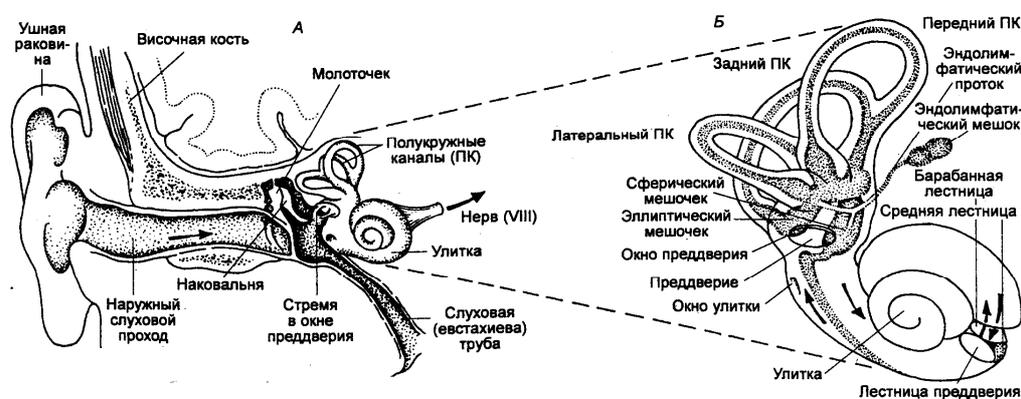


Рис. 1. Слуховая система человека

А — главные части; Б — полукружные каналы и улитка. Стремя удалено, чтобы лучше было видно окно преддверия. Стрелками показаны пути распространения слуховых сигналов.

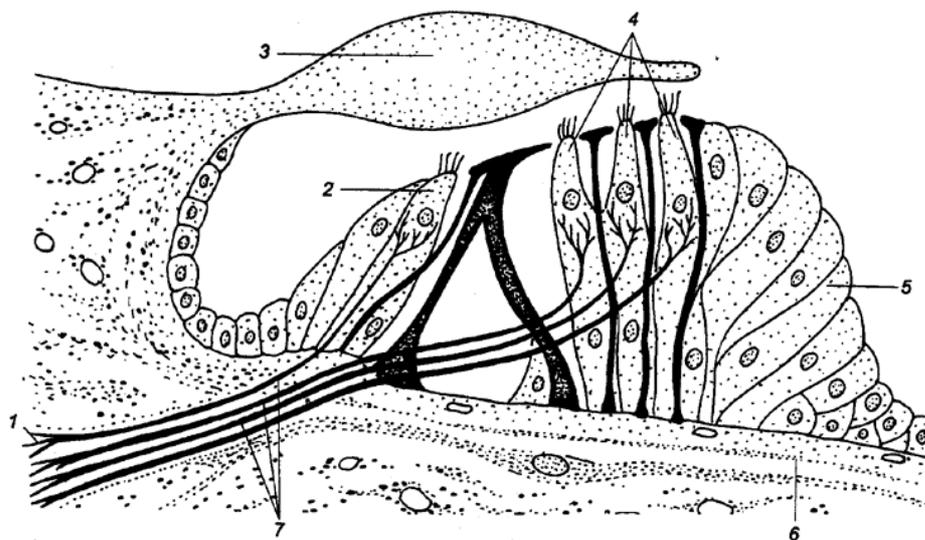


Рис. 2. Спиральный орган. 1 — спиральный ганглий, 2 — внутренние чувствительные клетки, 3 — покровная мембрана, 4 — наружные чувствительные клетки, 5 — опорные клетки, 6 — базилярная пластинка, 7 — нервные волокна.

Схема восходящих слуховых путей у человека представлена на рис. 3.

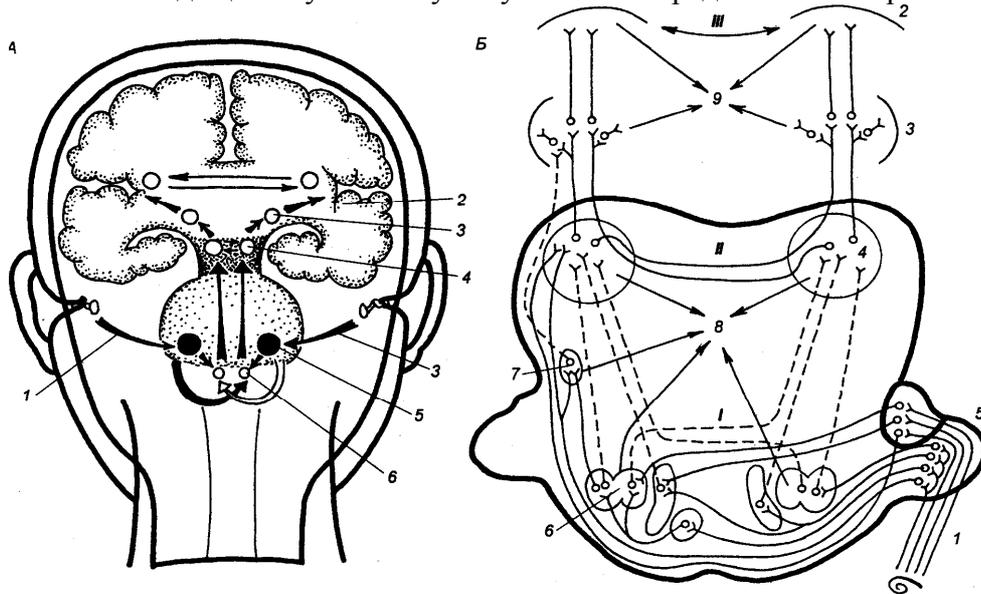


Рис. 3. Проводящие слуховые пути в мозгу человека (А) и восходящие связи улитки и преддверно — улиткового нерва правой стороны (Б)

I. II. III — первый стволовой, второй среднемозговой и третий корковый перекресты слуховых волокон соответственно;

I — преддверно—улитковый нерв, 2 — слуховая зона коры больших полушарий мозга, 3 — медиальное коленчатое тело, 4 — нижний холмик, 5 — улитковые ядра, 6 — верхняя олива, 7 — ядра латеральной петли, 8 — ретикулярная формация, 9 — ядра таламуса и базальные ядра; на рис. Б штриховыми линиями обозначены аксоны перекрещивающихся путей.

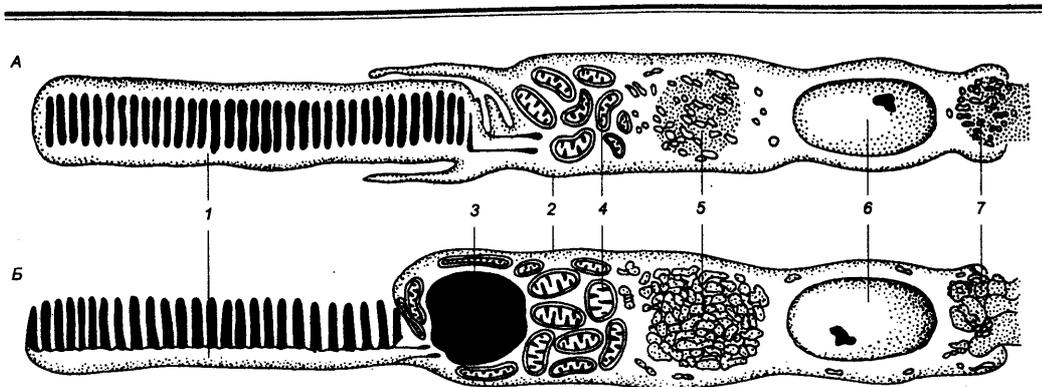


Рис. 5. Строение палочки (А) и колбочки (Б) сетчатки позвоночных

1,2— наружный и внутренний сегменты, 3 — масляная капля, 4 — эллипсоид (митохондрии), 5 — параболоид, 6 — ядро, 7 — синаптическая область.

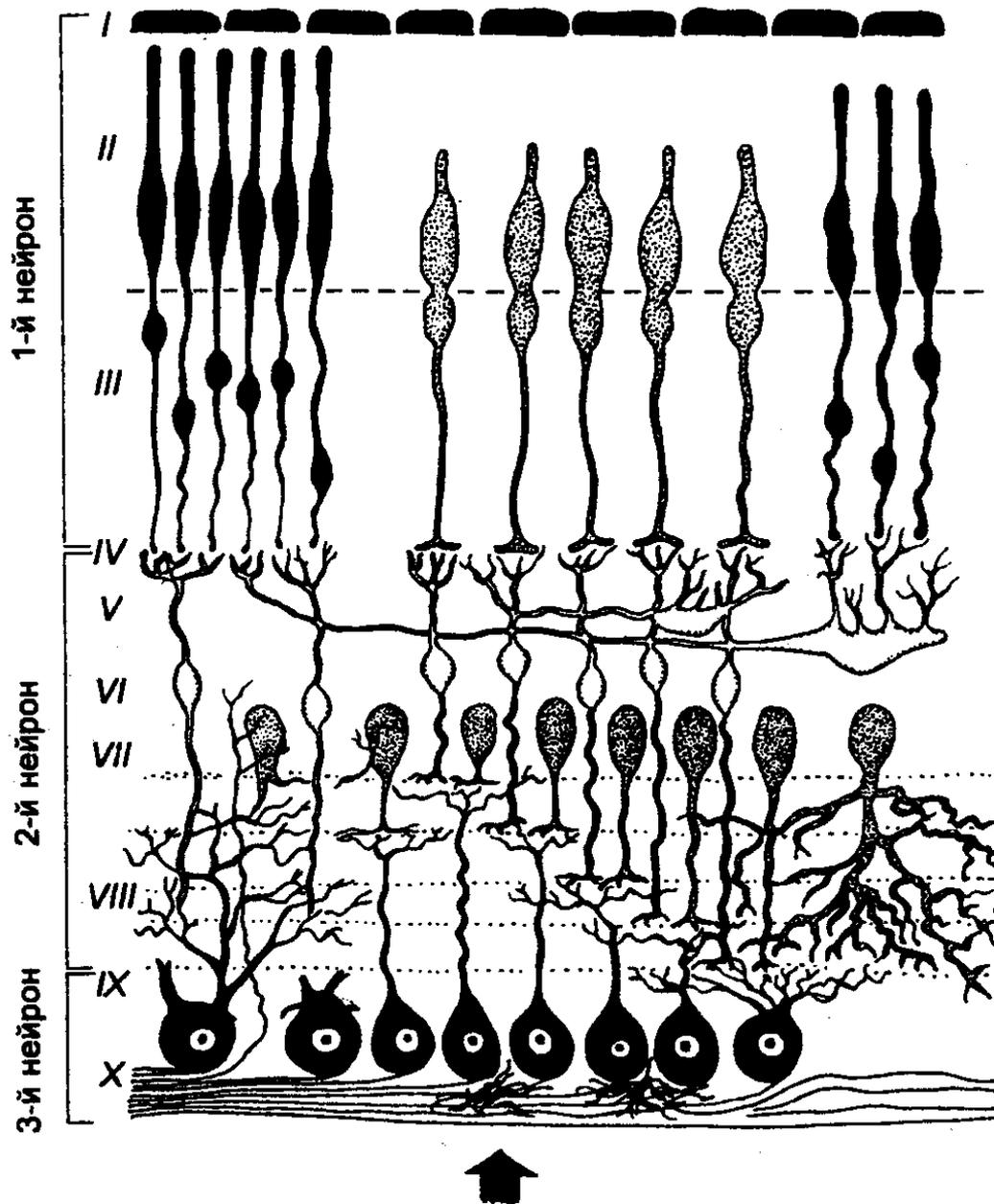


Рис. 6. Строение сетчатки позвоночных I — пигментный слой, II — палочки и колбочки, III — наружный сетчатый слой, IV — слой горизонтальных клеток, V—VII — внутренний ядерный слой, VIII — внутренний сетчатый слой, IX — слой ганглиозных клеток, X — аксоны ганглиозных клеток; стрелкой обозначено воздействие светом.

### Практическое занятие № 5-6

#### Внутренняя среда организма

1. Нарисовать схему – Внутренняя среда организма.
2. Нарисовать схему – Состав крови.
3. Нарисовать схему – Ионный состав жидкостей организма.
4. Составить таблицу компонентов плазмы крови.
5. По работам 1-4 дать пояснения в письменном виде.

#### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.
2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ

РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

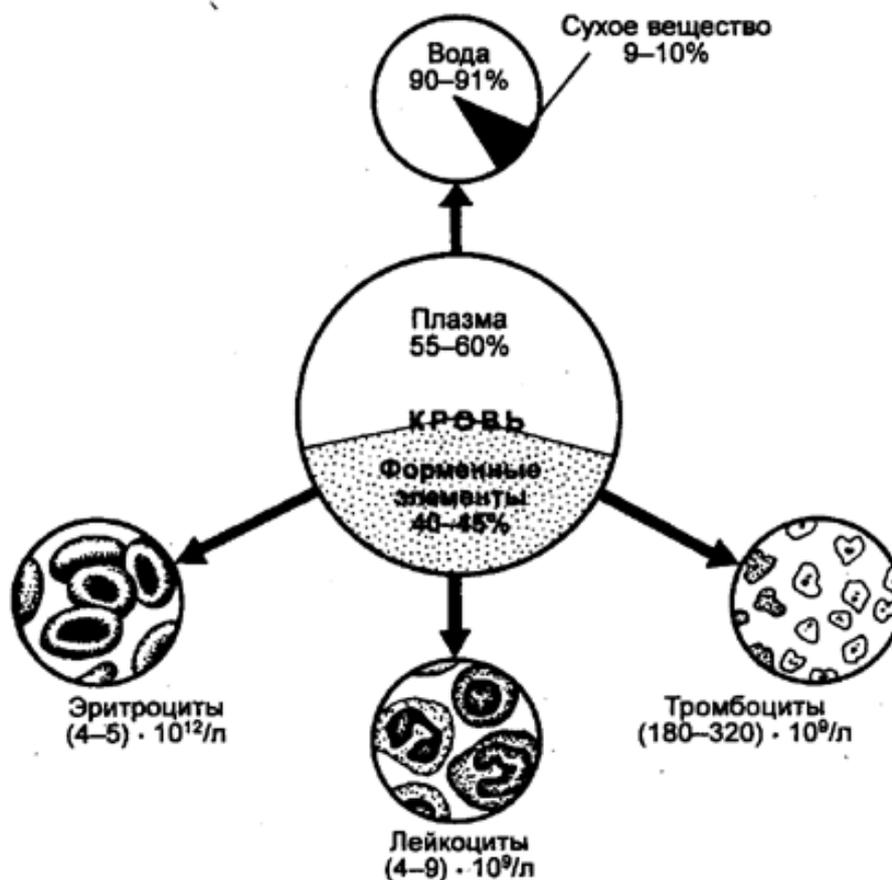


Рис. 2 Состав крови.

### Компоненты плазмы крови и их функции

Компоненты, присутствующие в постоянной концентрации						
Вода						
Основной компонент плазмы. Служит источником воды для клеток. Разносит по телу множество растворенных в ней веществ. Способствует поддержанию кровяного давления и объема крови						
Белки плазмы						
Белковая фракция		Средняя концентрация		Мол.масса, кДа	Изоэлектрическая точка	Физиологическое значение
Электрофоретическая	иммуноэлектрофоретическая	г/л	мкмоль/л			
Альбумин	Преальбумин	0,3	4,9	61	4,7	Связывание тироксина; онкотическое давление; транспортная функция; белковый резерв
	Альбумин	40,0	579,0	69	4,9	
$\alpha$ 1-глобулины	Кислый $\alpha$ 1-гликопротеин	0,8	18,2	44	2,7	Продукт распада тканей
	$\alpha$ 1-Липопротеид («липопротеиды высокой плотности»)	3,5	17,5	2000	5,1	Транспорт липидов (в частности, фосфолипидов)

α2- Глобулины	Церулоплазмин	0,3	1,9	160	4,4	Обладает оксидазной активностью, связывает медь
	α—2—Макроглобулин	2,5	3,1	820	5,4	Ингибирует плазмин и протеиназы
	α2—Гаптоглобулин	1,0	11,8	8,5	4,1	Связывает гемоглобин и препятствует его выделению с мочой
В-Глобулины	Трансферрин	3,0	33,3	90	5,8	Транспорт железа
	В-Липопротеид («липопротеиды низкой плотности»)	5,5	0,3—1,8	3000—20 000	—	Транспорт липидов (в частности, холестерина)
	Фибриноген	3,0	8,8	340	5,8	Свертывание крови
Г-Глобулины	IgG	12,0	76,9	156	5,8	Иммуноглобулины: анти-тела против бактериальных антигенов и чужеродных белков
	IgA	2,4	16,0	150	7,3	
	IgM	1,25	1,3	960		Изогемагглютинины
	IgE	0,0003	0,002	190		Антитела (реагины)
Минеральные ионы						
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>		Совместно участвуют в регуляции осмотического давления и pH крови				
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		Оказывают ряд других воздействий на клетки организма; например, Ca <sup>2+</sup> может участвовать в свертывании крови, а также в регуляции мышечного сокращения и чувствительности нервных клеток, влияет на коллоидное состояние клеточного содержимого				
Компоненты, концентрации которых изменяются						
Растворимые продукты пищеварения. Растворимые продукты, подлежащие экскреции: витамины, гормоны		Постоянно транспортируются в клетки и выделяются из них				

Клетки	Число в 1 мкл	Функция	Строение
<b>Эритроциты</b>	4 000 000–5 000 000	Переносят кислород и частично CO <sub>2</sub>	
<b>Лейкоциты</b>			
а) Гранулоциты (72% общего количества лейкоцитов) Нейтрофилы (70%)	4000–8000 2800–6300	Захватывают бактерии	
Эозинофилы (1,5%)	60–135	Антигистаминное действие	
Базофилы (0,5%)	20–45	Образуют гистамин и гепарин	
б) Агранулоциты (28%) Моноциты (4%)	160–360	Захватывают бактерии	
Лимфоциты (24%)	960–2160	Вырабатывают антитела	
<b>Тромбоциты</b> (кровяные пластинки)	180 000–320 000	Иницируют свертывание крови	

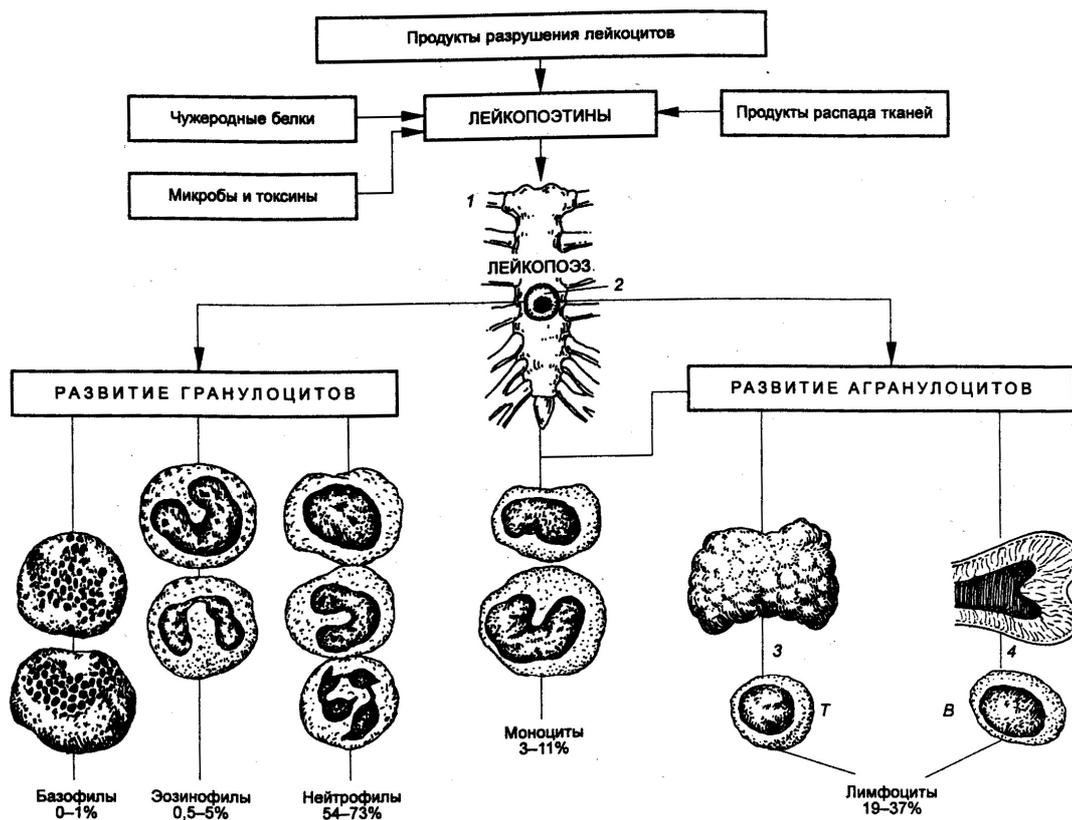


Рис. 7. Элементы, регуляции лейкопоэза

1 — грудина (красный костный мозг), г — лейкопоэтинчувствительная стволовая клетка, 3 — вилочковая железа (тимус), 4 — фабрициева сумка (bursa), В — В—лимфоциты (производящие антитела), Т — Т—лимфоциты (клетки—киллеры, —хелперы и —супрессоры).

#### Практическое занятие № 7-8

#### Физиология желез внутренней секреции.

1. Нарисовать схему гормональной регуляции организма.
2. Нарисовать схему управления эндокринными железами.
3. Перечислить гормоны, регулирующие энергетический обмен.
4. Нарисовать схему нейроэндокринной регуляции.
5. Нарисовать схему регуляции обмена глюкозы.
6. Нарисовать схему механизма действия гормонов.
7. Нарисовать схему взаимодействия гормона с внутриклеточными рецепторами.

#### Литература

1. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
2. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
3. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

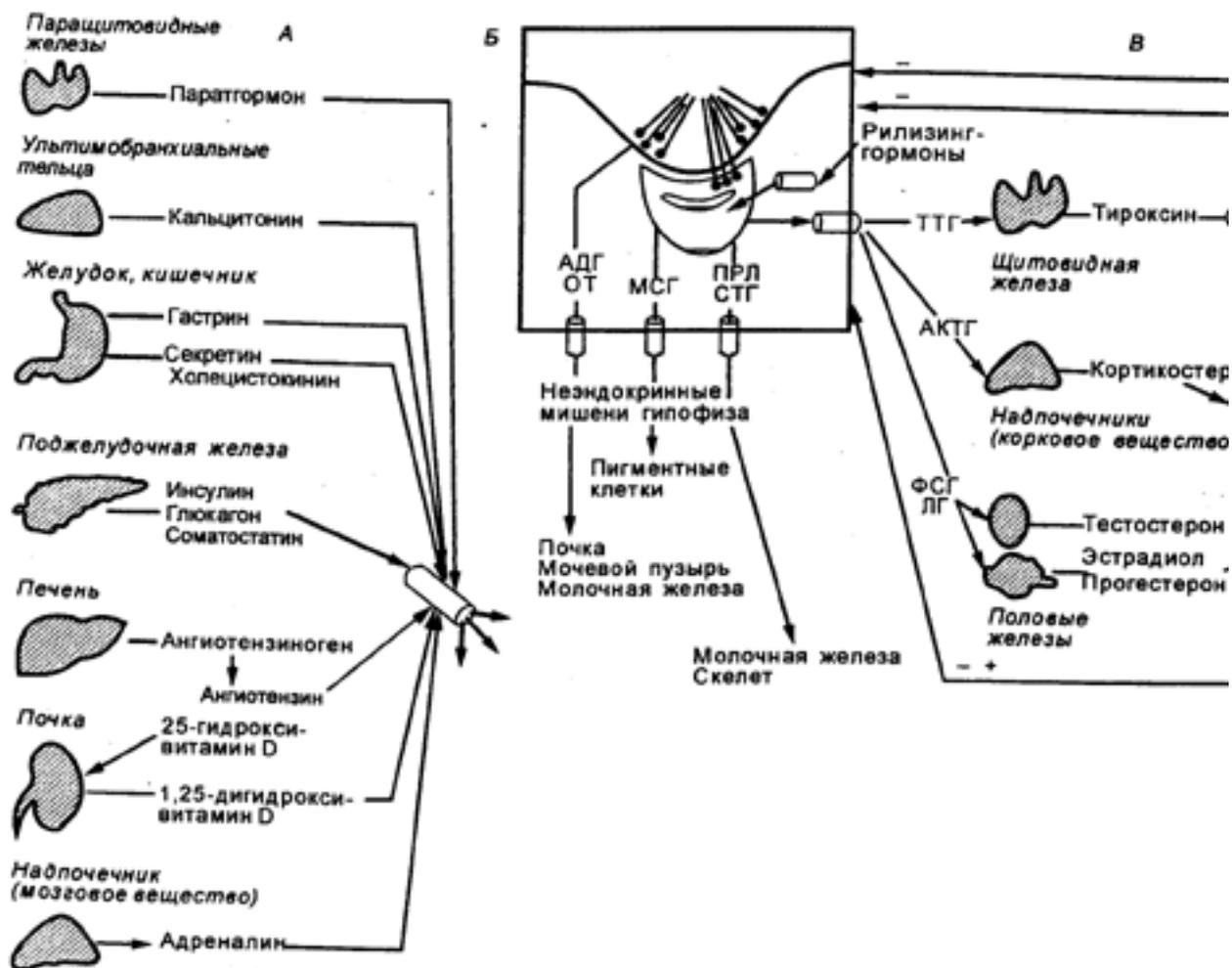


Рис. 1. Система гормональной регуляции организма. А — эндокринные железы, не являющиеся органами—мишенями гипофиза—Б — гипоталамо—гипофизарная система; В — эндокринные железы—мишени гормонов аденогипофиза. Висперотропные нейрогормоны: АДГ — антидиуретический гормон, ОТ — окситоцин; гормоны аденогипофиза: АКТГ — адренокортикотропный гормон, ЛГ — лютеинизирующий гормон, ПРЛ — пролактин, СТГ — соматотропный гормон, ТТГ — тиреотропный гормон, ФСГ — фолликулостимулирующий гормон; гормон промежуточной доли гипофиза—МСГ — меланодитстимулирующий гормон.

### Гормоны, регулирующие энергетический обмен

Гормон	Источник	Химическая природа	Место действия	Основной эффект	Регуляция секреции
инсулин	Бета – клетки поджелудочной железы	Пептид	Все ткани (кроме нервной)	Повышает поглощение клетками глюкозы и аминокислот	Стимулируется высокой концентрацией глюкозы и аминокислот, а также глюкагоном; соматостатин тормозит секрецию

глюкагон	Альфа-клетки поджелудочной железы	Пептид	Печень, жировая ткань	Стимулирует в печени гликогенолиз и мобилизацию глюкозы, а в жировой ткани – липолиз	Стимулируется низким содержанием глюкозы в крови
тироксин	Щитовидная железа	Производное аминокислоты	Большинство клеток, особенно клетки мышц, сердца, печени и почек	Повышает интенсивность метаболизма, термопродукцию; ускоряет рост и развитие; вызывает метаморфоз у амфибий	Стимулируется тиреотропным гормоном
Норадреналин и адреналин	Хромаффинные Клетки мозгового слоя надпочечников	Производные аминокислоты (катехоламины)	Большинство клеток	Усиливают сердечную деятельность, вызывают сужение сосудов, ускоряют гликолиз, вызывают гипергликемию и липолиз	Стимулируется симпатической нервной системой через нервы внутренних органов
СТГ	Аденогипофиз	Полипептид	Все ткани	Стимулирует синтез РНК и белка, рост тканей, транспорт глюкозы и аминокислот в клетки, липолиз и образование антител	Стимулируется выбросом соматолиберина при падении уровня глюкозы и повышении концентрации аминокислот, подавляется соматостатином
глюкокортикоиды	Кора надпочечников	Стероиды	Большинство клеток	Стимулируют мобилизацию аминокислот из мышц и глюконеогенез в печени, что приводит к повышению уровня глюкозы в крови. Обладают противовоспалительным действием	Стимулируется физиологическим стрессом и биологическими часами при участии кортиколиберина и АКТГ

## Практическое занятие № 9-10

### Физиология кровообращения.

1. Нарисовать схему кровообращения.

2. Нарисовать схему фаз сердечного цикла.
3. Нарисовать схему общей иннервации сердца.
4. Нарисовать схему сосудодвигательного центра.

#### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.
2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

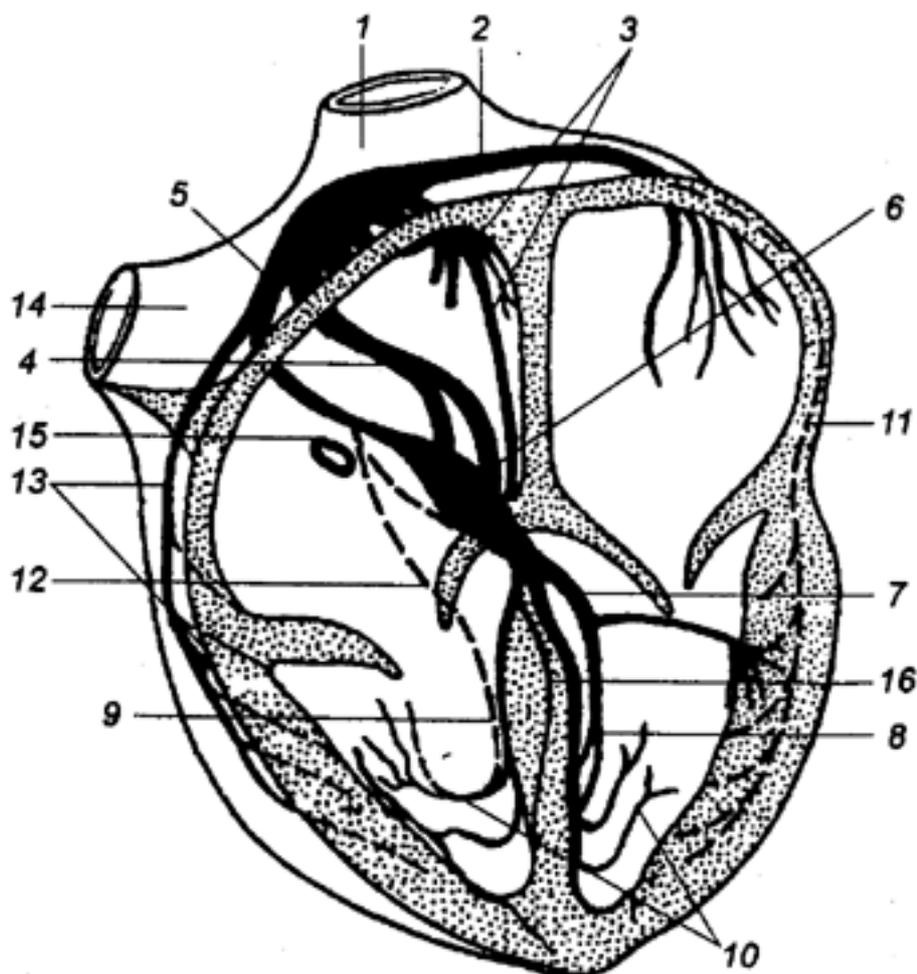
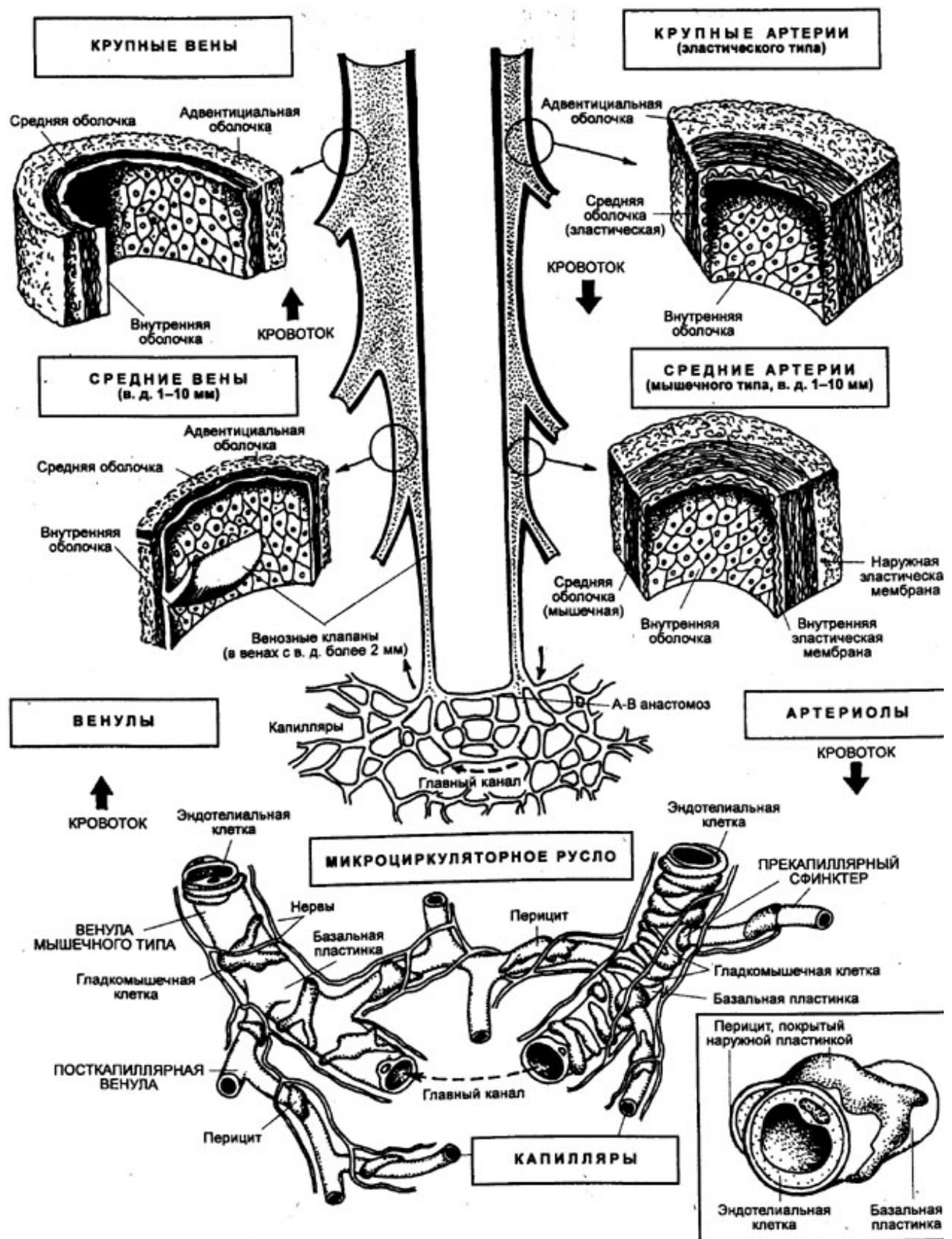


Рис. 4. Проводящая система сердца

- 1 — верхняя полая вена, 2 — синусно—предсердный узел, 3 — передний межузловой и межпредсердный пучки Бахмана, 4 — средний межузловой пучок Венкенбаха, 5 — задний межузловой пучок Торела, 6 — предсердно—желудочковый узел, 7 — предсердно—желудочковый пучок (Гиса), 8, 9 — левая и правая ножки пучка Гиса, 10 — субэндокардиальная сеть волокон Пуркинье, 11 — пучок Кента, 12 — пучок Махайма, 13 — пучок Паладино, 14 — нижняя полая вена, 15 — венечный синус, 16 — передняя ветвь ножки пучка Гиса.



## Сравнение структуры и функций артерий, капилляров и вен

Артерии	Капилляры	Вены
<i>Несут кровь от сердца</i>	<i>Соединяют артерии с венами. Служат местом обмена веществами между кровью и тканями</i>	<i>Несут кровь к сердцу</i>
<i>Средний слой стенки толстый, состоит из эластических и мышечных волокон</i>	<i>Средний слой отсутствует. Стенки состоят только из эндотелия и не содержат</i>	<i>Средний слой относительно тонкий и содержит мало мышечных элементов. Эластические волокна немногочисленны</i>
<i>Полулунные клапаны отсутствуют</i>	<i>Полулунные клапаны отсутствуют</i>	<i>По всей длине имеются полулунные клапаны, препятствующие обратному току крови</i>
<i>Давление крови высокое и пульсирующее</i>	<i>Давление крови понижающееся, неппульсирующее</i>	<i>Давление крови низкое, неппульсирующее</i>
<i>Кровь течет быстро</i>	<i>Течение крови замедляется</i>	<i>Кровь течет медленно</i>
<i>Кровь оксигенированная, за исключением легочных артерий</i>	<i>Смешанная оксигенированная и дезоксигенированная кровь</i>	<i>Кровь дезоксигенированная, за исключением легочных вен</i>

### Практическое занятие № 11-12-13

#### Физиология дыхания.

1. Нарисовать схему транспорта газов при дыхании.
2. Зарисовать схему дыхательной системы организма (трахея, легкие).
3. Зарисовать схему и объяснить изменения плеврального и других видов давления.
4. Зарисовать схему виды легочных объемов организма.
5. Зарисовать схему альвеолы легкого.
6. Зарисовать схему транспорта газов и пояснить сущность этого явления.
7. Зарисовать схему аэрогематического барьера.
8. Зарисовать схему центрального дыхательного механизма.
9. Зарисовать схему механизма регуляции дыхания при мышечной работе.
10. Все задания должны иметь пояснения сущности процессов физиологии дыхания.

#### Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

2. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.
3. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.
4. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

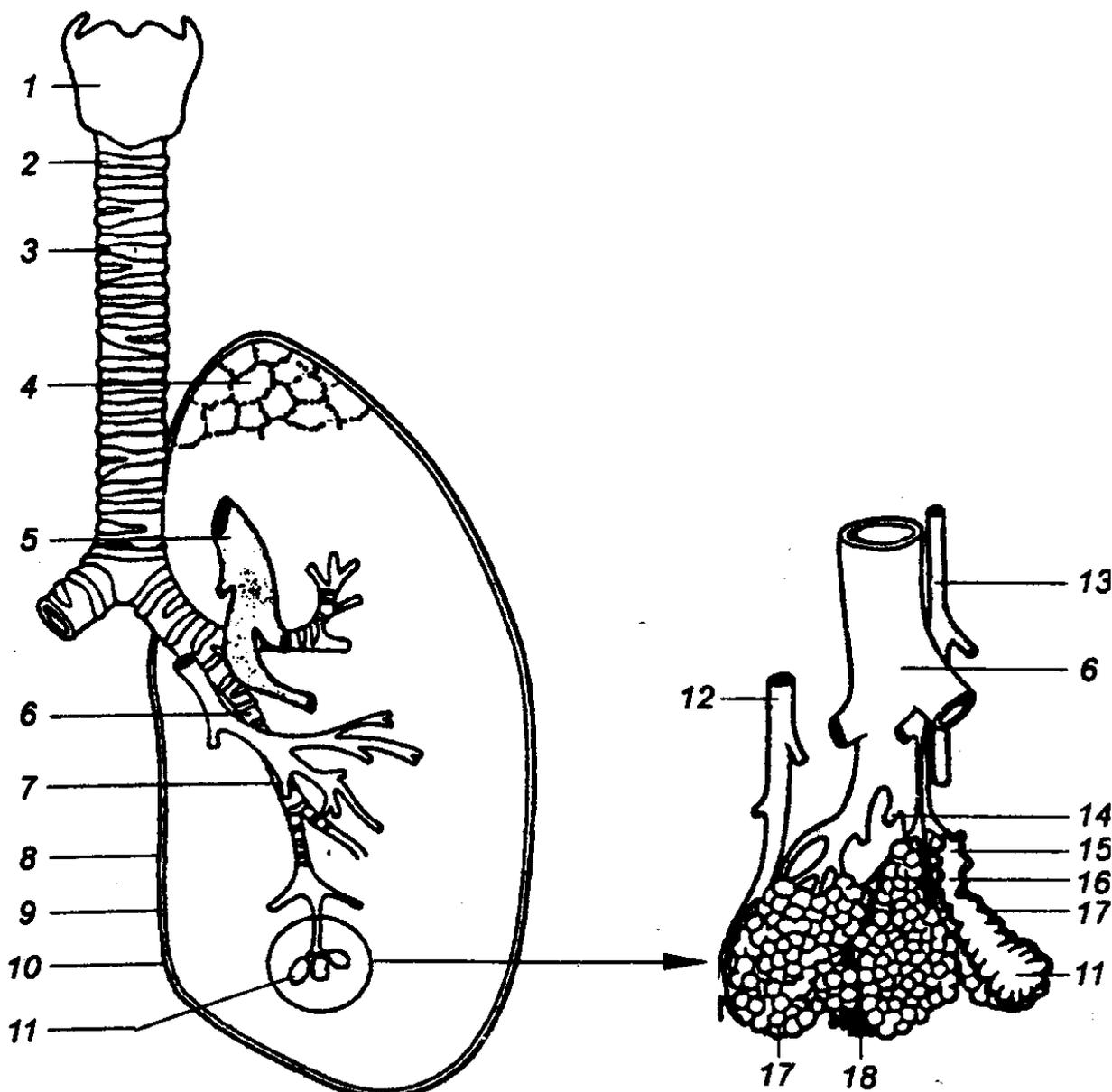


Рис. 3. Трахея и легкие человека

1 — гортань, 2 — хрящ, 3 — трахея, 4 — легкое, 5 — легочная артерия, 6 — бронхиола, 7 — легочная вена, 8 — висцеральная плевра, 9 — плевральная полость, 10 — париетальная плевра, 11 — альвеолярный мешочек, в котором находятся альвеолы, 12 — ветвь легочной вены, 13 — ветвь легочной артерии, 14 — терминальная бронхиола, 15 — дыхательная бронхиола, 16 — альвеолярный ход, 17 — альвеолы, 18 — капиллярная сеть в стенках альвеол.

### Показатели дыхания человека

Легочные объемы, л	
Общая емкость	6
Жизненная емкость	4,5
Функциональная остаточная емкость	2,4
Остаточный объем	1,2
Дыхательный объем	0,5
Объем мертвого пространства	0,15
Параметры вентиляции	
Частота дыхания	14 мин <sup>-1</sup>
Минутный объем дыхания	7 л/мин
Альвеолярная вентиляция	5 л/мин
Вентиляция мертвого пространства	2 л/мин
Параметры газообмена	
Потребление O <sub>2</sub>	280 мл/мин
Выделение CO <sub>2</sub>	230 мл/мин
Дыхательный коэффициент	0,82
Диффузионная способность легких для O <sub>2</sub>	30 мл мин <sup>-1</sup> • мм рт. ст. <sup>-1</sup> (230 мл • мин <sup>-1</sup> • кПа <sup>-1</sup> )
Время контакта	0,3с
Параметры механики дыхания	
Внутриплевральное давление:	
в конце выдоха	— 5 см вод. ст.
в конце вдоха	— 0,8 см вод. ст. (— 8 кПа)
Растяжимость легких	0,2 л/см вод. ст. (2 л/кПа)
Растяжимость грудной клетки	0,2 л/см вод. ст. (2 л/кПа)
Растяжимость легких и грудной клетки	0,1 л/см вод. ст. (1 л/кПа)
Сопротивление дыханию	2 см вод. ст. • с • л <sup>-1</sup> (0,2 кПа • с • л <sup>-1</sup> )
Функциональные пробы	
Относительный объем форсированного выдоха	75%
Максимальный дебит воздуха	10л/с
Максимальная вентиляция легких	100 л/мин
Показателя перфузии	
Альвеолярная вентиляция / перфузия	0,9
Шунтовый кровоток / общий кровоток	0,02

#### Практическое занятие № 14-15-16

##### Пищеварительная и выделительные системы.

1. Нарисовать схему пищеварения организма (от ротовой полости до акта дефекации).
2. Нарисовать схему регуляции выработки HCL.
3. Нарисовать схему механизма секреции желчи.
4. Нарисовать схему кишечной клетки.

5. Нарисовать схемы переваривания белков, жиров, углеводов.

6. Нарисовать схему строения нефрона.

Литература

1. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 1. - б. г.

2. Анатомия и физиология человека [Видеозапись] : Видеоэнциклопедия для нар. обр.: В 2 ч.: [2 вк.]. Ч. 2. - б. г.

3. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

4. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

5. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

### **Практическое занятие № 17-18**

#### **Обмен веществ, энергии и процессы терморегуляции организма.**

1. Зарисовать схему превращения энергии в организме.

2. Записать и проанализировать уравнение энергетического баланса.

3. Зарисовать схему метаболизма питательных веществ.

4. Зарисовать схему центрального механизма терморегуляции.

5. Зарисовать схему физической и химической терморегуляции.

Литература

1. Мирошниченко, А.Н. Основы физиологии человека [Текст] : учеб. пособие : рек. ДВ РУМЦ / - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 152 с.

2. Основы физиологии человека : учеб.-метод. комплекс для спец. 280101 - Безопасность жизнедеятельности в техносфере/ АмГУ, ИФФ; сост. А. Н. Мирошниченко. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.-142 с.

3. Рохлов, В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека [Текст] : Учеб. пособие / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. - М. : Академия, 1999. - 160 с.

4. Физиология человека [Текст] : Учеб. пособие / Е. Б. Бабский [и др.]. - М. : Медицина, 1972. – 656 с.

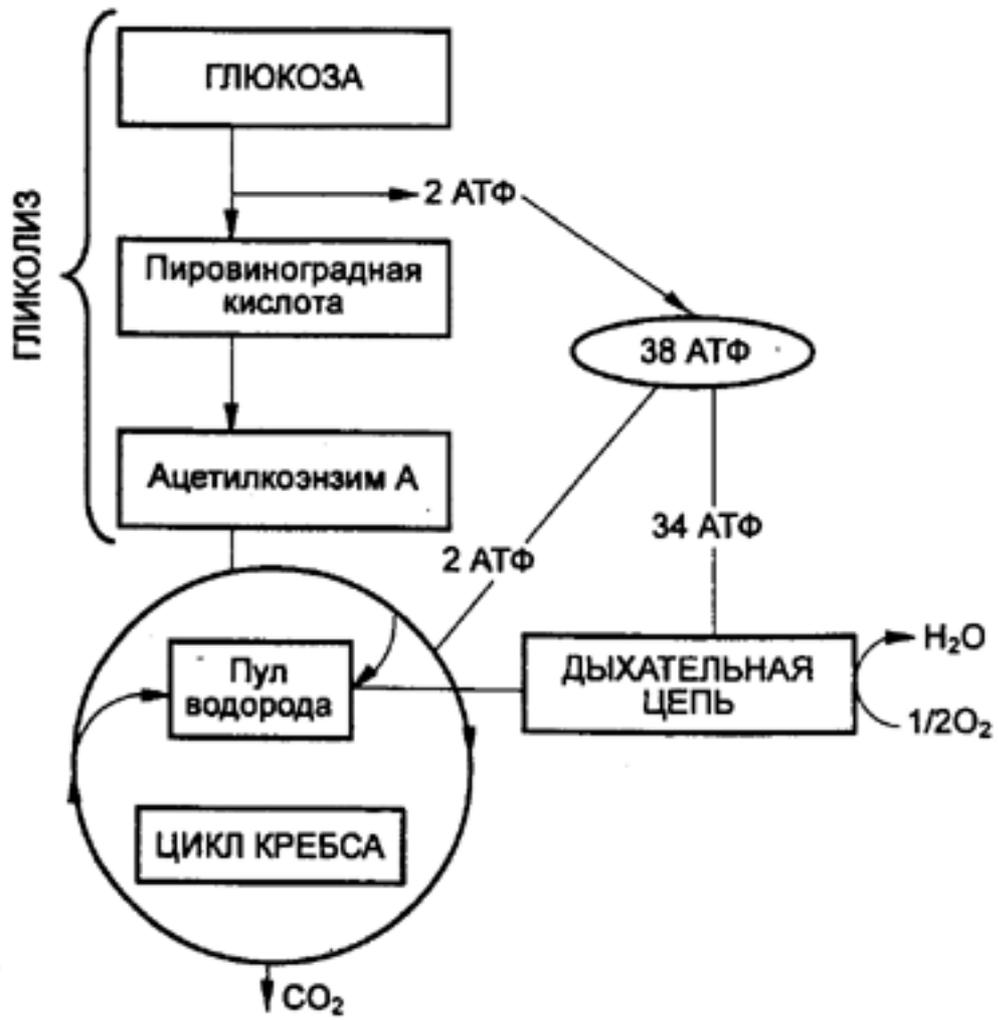


Рис. 1. Схема аэробного дыхания при образовании АТФ

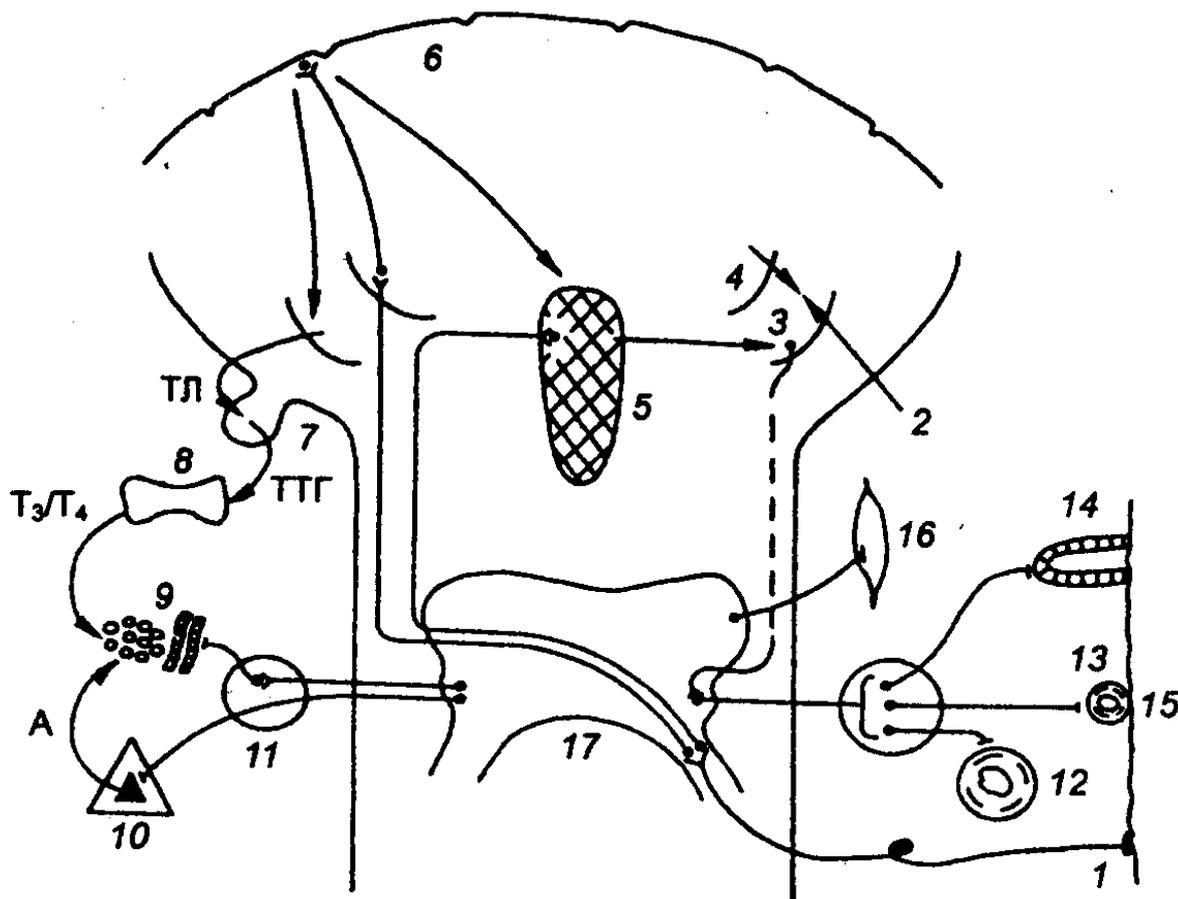


Рис. 4. Основные физиологические механизмы терморепции и терморегуляции

Часть элементов, находящихся на одном и том же уровне ЦНС, изображена на схеме справа, другие — слева. И те и другие следует рассматривать одновременно. 1 — периферические терморепторы, 2 — воздействие температуры крови на термочувствительные нейроны, 3 — гипоталамус, 4 — таламус, 5 — ретикулярная формация, 6 — кора больших полушарий мозга, 7 — гипофиз, 8 — шишковидное тело, 9 — ткани тела, 10 — надпочечники, 11 — симпатические ганглии, 12 — сосуды (артериолы) ядра тела, 13 — сосуды (артерио-венозные анастомозы) оболочки тела, 14 — потовые железы, 15 — поверхность кожи и слизистых оболочек, 16 — скелетные мышцы, 17 — спинной мозг. ТЛ — тиреолиберин (тиреотропин-рилизинг-гормон), ТТГ — тиреотропный гормон (тиреотропин), Т3/Т4 — три- и тетраiodтиронины, А — адреналин. На схеме не обозначены нисходящие проводящие пути от головного мозга к мотонейронам вентральных рогов спинного мозга.

## 5. Методические указания (рекомендации) по самостоятельной работе студентов

### 6. Контроль знаний

#### 6.1. Текущий контроль знаний

Комплекты заданий для практических работ, контрольных работ, домашних заданий изложены в рабочей программе дисциплины и материалах данного УМКД.

#### 6.2. Итоговый контроль знаний

Фонд тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине «Медико-биологические основы безопасности» изложены в рабочей программе дисциплины и материалах данного УМКД.

## 7. Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в изучении дисциплины «Медико-биологические основы безопасности»

Студенты в специализированной аудитории по подготовке курсовых и дипломных работ имеют доступ на информационные программы Гарант, Труд-эксперт, Консультант плюс.

Телеаппаратура и мультимедийный аппарат (все – в стандартной комплектации для лекционных, практических занятий); доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки); тренажер для формирования навыков неотложной доврачебной помощи взрослому человеку; Видеофильмы, CD диски по вопросам БЖД, МБО, анатомии и физиологии человека (медиаотека АмГУ).